

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

ČASOMÍRA/STOPKY NA EMBEDDED POČÍTAČI

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RADIM ŠOSTÝ

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

ČASOMÍRA/STOPKY NA EMBEDDED POČÍTAČI

TIME MEASUREMENT ON EMBEDDED COMPUTER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

RADIM ŠOSTÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Dr. Ing. PETR ZEMČÍK

BRNO 2012

Abstrakt

Práce se zabývá návrhem systému elektronické časomíry řízené mikrokontrolérem řady MSP430. Hlavním cílem práce bylo vytvořit časomíru pro měření času v disciplínách požárního sportu s přesností na tisícinu vteřiny. Součástí časomíry je velký LED displej pro zobrazování naměřených časů.

Abstract

This thesis deals with design of electronic stopwatch system controlled by MSP430 family microcontroller. The main topic of this thesis is build a stopwatch system for keeping time in the sport disciplines of fire sport with accuracy to a thousandth of a second. Stopwatch system includes a large LED display for displaying the measured times.

Klíčová slova

Elektronická časomíra, požární sport, mikrokontrolér, MSP430, RS232

Keywords

Electronic stopwatch system, fire sport, microcontroller, MSP430, RS232

Citace

Radim Šostý: Časomíra/stopky na embedded počítači, bakalářská práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2012

Časomíra/stopky na embedded počítači

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana doc. Dr. Ing. Pavla Zemčíka, s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury.

.....
Radim Šostý
16. května 2012

Poděkování

Děkuji panu doc. Dr. Ing. Palvu Zemčíkovi za vedení a odbornou pomoc při vypracování práce. Dále děkuji členům SDH Vyšní Lhoty za návrh rámu časomíry a sklopných terčů a pomoc při výrobě hardwaru systému časomíry. Dále děkuji Lukáši Gerykovi za návrh systému zobrazování času a sponzorům Fronius ČR, s.r.o., HLH divize O.K., s.r.o., TopCNC, s.r.o., Haně a Janovi Židkovým a Daliboru Velčovskému za financování projektu.

© Radim Šostý, 2012.

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.

Obsah

1	Úvod	4
2	Požární sport	5
2.1	Požární útok	5
2.2	Běh na 100 m s překážkami	7
3	Stávající řešení	8
3.1	Displej	9
3.2	Spínače	10
4	Návrh řešení	12
4.1	Zhodnocení současného stavu	12
4.2	Zhodnocení používaných řešení	12
4.3	MSP430	14
4.4	Shrnutí	15
5	Popis implementace	17
5.1	Řídicí jednotka	18
5.2	Program pro mikrokontrolér	20
5.3	Displej	24
5.4	Terče	28
5.5	Desktopová aplikace	29
6	Závěr	35

Seznam obrázků

2.1	Ilustrační fotografie základny s nachystaným nářadím	6
2.2	Fotografie soutěžního stroje	7
2.3	Fotografie z průběhu disciplíny běh na 100 m s překážkami (převzato z [4])	7
3.1	Ilustrační fotografie startovních pistolí a terčů	8
3.2	Fotografie možné podoby časomíry od firmy Flajzar, s.r.o.	9
3.3	Příklad displeje ze segmentových LED číslic (převzato z [5])	10
3.4	Příklad displeje se segmenty poskládanými z vysoce svítivých LED (převzato z [5])	10
4.1	Schéma architektury MSP430 (převzato z [10])	14
4.2	Systém značení modelových řad MSP430 (převzato z [11])	15
5.1	Blokové schéma systému časomíry	17
5.2	Blokové schéma řídicí jednotky	18
5.3	Blokové schéma řídicí jednotky	19
5.4	Vývojový diagram hlavní smyčky programu	20
5.5	Příklad komunikace s displejem	23
5.6	Příklad komunikace s desktopovou aplikací	24
5.7	Nákres čelní strany displeje	25
5.8	Fotografie čelní strany displeje	26
5.9	Fotografie mechaniky panelu s konektory	27
5.10	Blokové schéma systému řízení displeje	28
5.11	Fotografie spínacího mechanismu	29
5.12	Schéma vnitřního zapojení terče	30
5.13	Hlavní obrazovka aplikace při režimu měření požárních útoků	32
5.14	Hlavní obrazovka aplikace při režimu měření běhu na 100 m s překážkami	33

Seznam tabulek

5.1	Vybrané parametry MSP430F247	20
5.2	Kódová slova protokolu pro komunikaci s mikrokontrolérem displeje	22
5.3	Kódová slova protokolu pro komunikaci s desktopovou aplikací	23
5.4	Vybrané parametry LED pásků SMD-5050 (vlevo) a SMD-3528 (vpravo)	26
5.5	Vybrané parametry spínaného zdroje S350	27
5.6	Abstraktní třídy grafických elementů	31
5.7	Příklad startovních listin	34

Kapitola 1

Úvod

Tato práce se zabývá návrhem systému elektronické časomíry pro požární sport. Součástí systému časomíry je displej pro zobrazování naměřeného času, elektronicky spínané terče a program pro ukládání časů v připojeném počítači.

Požární sport je v současnosti jeden z nejrychleji se vyvíjejících sportů a jeho oblíbenost stále roste. Pokrok ve vývoji techniky a s ním spojená rostoucí výkonnost závodníků zapříčinily nutnost měřit čas pokusů elektronicky. Speciálně v disciplíně požární útok bývá běžné, že dosažené časy družstev od sebe dělí jen jediná tisícina sekundy.

Povinnost měřit čas elektronicky se dostala dokonce do Směrnic hasičských sportovních soutěží pro muže a ženy [1]. Dnes tak již žádná soutěž nemůže proběhnout bez elektronické časomíry. Její použití však přináší i další výhody. Pokud je součástí systému časomíry i velký externí displej, získává soutěž větší atraktivitu pro diváky i soutěžící, kteří tak vidí dosažený čas ihned po dokončení pokusu. Použití mikrokontroléru pro řízení systému časomíry umožňuje automatický sběr časů, tvorbu výsledkových listin a prezentaci výsledků. Obsluha časomíry se tak nemusí starat o přepisování dosažených časů a správné zařazení pokusu do výsledkové listiny. Díky tomu se také nemůže dopustit chyby při přepisování.

Tématem práce se zabývám, protože jsem aktivním účastníkem soutěží v požárním sportu a myšlenkou návrhu vlastního systému časomíry jsem se zabýval již dříve. Oblast embedded systémů mě velmi zajímá a chci se mu věnovat i v dalším studiu. Zároveň jsem si chtěl vyzkoušet vývoj embedded systému v praxi.

Cílem mé práce je navrhnout systém časomíry pro požární sport určenou pro měření časů pokusů v disciplínách požární útok a běh na 100 m s překážkami. K tomu je potřebné prostudovat možnosti měření času na embedded systémech, navrhnout systém měření a zobrazování času a záznamu časových intervalů v připojeném počítači. Dále tento systém a software implementovat.

Kapitola 2 obsahuje informace o požárním sportu a jeho disciplínách. V kapitole 3 jsou popsány existující systémy časomír, konstrukce externích displejů a způsoby spínání terčů. Výhody a nevýhody těchto řešení jsou rozebrány v kapitole 4, kde je také popsán návrh mého řešení. Popis implementace systému časomíry je v kapitole 5.

Kapitola 2

Požární sport

Tato kapitola blíže popisuje požární sport a jeho disciplíny. Slouží k nástinu základních požadavků na systém elektronické časomíry pro měření časů v disciplínách požární útok a běh na 100 m s překážkami.

Požární sport vznikl v roce 1937 v bývalém Sovětském svazu. Do naší republiky se dostal prostřednictvím bývalého náčelníka Hlavní správy požární ochrany ČSSR Ing. Pavla Stoklásky, který se s tímto sportem seznámil na své služební cestě do SSSR. Pavla Stoklásky tak lze považovat za zakladatele požárního sportu v naší zemi [2].

Cílem požárního sportu je zvyšování obratnosti, rychlosti a fyzické zdatnosti hasičů, která je potřebná pro výkon jejich činnosti. Již od roku 1970 je tento sport součástí odborné a fyzické přípravy profesionálních hasičů. Od počátku existují 4 disciplíny – jsou to běh na 100 m s překážkami, štafeta 4x100 m s překážkami, výstup do 4. podlaží cvičné věže a požární útok.

Velkou oblibu získal požární sport i mezi dobrovolnými hasiči, kde se do výcviku zapojují i děti. K 1. lednu 2012 bylo ve sborech dobrovolných hasičů zaregistrováno 46 426 dětí ve věku od 6 do 18 let [3]. Požární sport tak hraje významnou roli ve výchově mládeže. Podle odhadů se tomuto sportu v současnosti v České republice věnuje na 7000 týmů dobrovolných hasičů všech věkových skupin a kategorií. Každoročně se pořádají mistrovství republiky v požárním sportu profesionálních i dobrovolných hasičů.

O požární sport v ČR se starají dvě hlavní organizace. Sdružení hasičů Čech, Moravy a Slezska (SH ČMS) se mimo jiné stará o organizaci soutěží dobrovolných hasičů. Vydává Směrnice hasičských sportovních soutěží pro muže a ženy a pořádá Mistrovství České republiky v požárním sportu dobrovolných hasičů. O organizaci postupových soutěží na mistrovství republiky se dále starají příslušné orgány SH ČMS.

Hasičský záchranný sbor České republiky organizuje soutěže profesionálních hasičů. Pořádá jejich mistrovství republiky a sestavuje českou reprezentaci profesionálních hasičů, která se účastní Mistrovství světa v požárním sportu.

V následujících dvou kapitolách jsou popsány dvě hlavní disciplíny požárního sportu, pro jejichž měření je navrhován systém časomíry, kterým se zabývá tato práce.

2.1 Požární útok

Požární útok je týmová disciplína prováděná v počtu 7 závodníků. Její provedení se podobá opravdovému zásahu u požáru. Úkolem družstva je pomocí sacího koše a savic sestavit přívodní vedení a nabrat s ním vodu z nádrže. Požární motorovou stříkačkou se poté dopravuje

voda přes dopravní vedení sestavené z hadic B do rozdělovače, ze kterého vedou 2 útočné proudy sestavené z hadic C. Pomocí proudnic a dopravené vody musí závodníci srazit závaží na terčích, nebo naplnit 10l nádobu v terči. Měří se čas od výstřelu startovní pistole po sražení či naplnění posledního terče.

Dráha má 10m náběh od startovní čáry po střed základny, na které je uloženo všechno nářadí (obrázek 2.1). Vzdálenost od středu základny po čaru výstřiku se liší podle počtu použitých hadic B. Při útoku na 2 B je to 70 m, na 3 B pak 90 m. Čela terčů jsou od čary výstřiku vzdáleny 5 m. Mezi terči je mezera o velikosti 5 m.

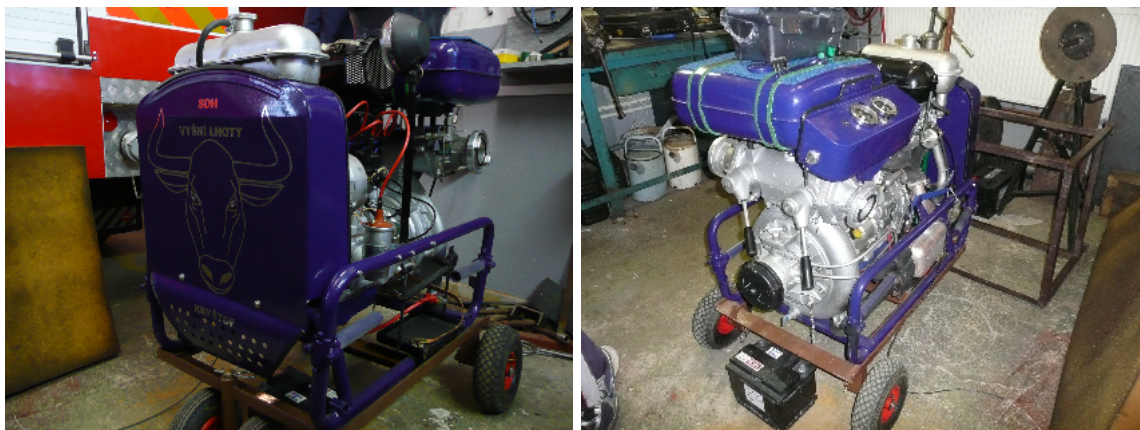


Obrázek 2.1: Ilustrační fotografie základny s nachystaným nářadím

V ženské kategorii se soutěží bezvýhradně na 2 hadice B. Pro muže je primárně určena trať na 3 B, avšak mohou soutěžit i na 2 B. Tato praxe je běžná především v Moravskoslezském kraji, kde se soutěže na 3 B téměř nevyskytují.

Tato disciplína je velmi oblíbená mezi družstvy dobrovolných hasičů. Velký rozvoj znamenala v posledních 20 letech, kdy se začalo s úpravami motorů požárních stříkaček, které tak získaly vyšší výkon a byly schopny dopravit vodu k proudnicím za kratší čas. Výkonnější stříkačky kladly větší nároky na samotné závodníky, kteří měli méně času pro doběhnutí k terčům. To mělo za následek zlepšení výkonů soutěžících družstev a zvýšení atraktivity této disciplíny pro závodníky i diváky. Fotografie upraveného soutěžního stroje jsou na obrázku 2.2.

V současné době existuje v České i Slovenské republice velké množství ligových soutěží, přičemž v nejprestižnější Extralize České republiky v požárním útoku předvádí družstva výkony srovnatelné s výkony profesionálních sportovců v jakémkoliv jiném sportu.



Obrázek 2.2: Fotografie soutěžního stroje

2.2 Běh na 100 m s překážkami

V této individuální disciplíně je úkolem závodníka nejdříve překonat 2 m vysokou dřevěnou bariéru, poté uchopit 2 hadice a přeběhnout 1,2 m vysokou a 12 m dlouhou kladinu. Za kladinou soutěžící spojuje jedny konce hadic do sebe, další konec do rozdělovače a poslední konec na proudnici. Teprve poté může protnout cílovou čáru. Pro ženy je kladina snížena na 0,8 m a bariéra je vyměněna za nízkou překážku, jinak je provedení pokusu stejné. Soutěžící mají na vykonání pokusu limit 120 s. Fotografie překážek jsou na obrázku 2.3.



Obrázek 2.3: Fotografie z průběhu disciplíny běh na 100 m s překážkami (převzato z [4])

Z důvodu poměrně velkých rozměrů překážek zabere jedna dráha této disciplíny 2 atletické dráhy. Maximální počet závodníků startujících v jednom rozběhu je tak 4 na stadionu s osmi atletickými dráhami. Tento počet drah se však využívá jen velmi zřídka, většinou až při mistrovstvích republiky. Běžně v rozběhu startují pouze 3 závodníci.

Běh na 100 m s překážkami je disciplína velmi náročná na fyzickou přípravu i zručnost soutěžícího. Na špičkové úrovni se jí věnuje pouze několik desítek hasičů většinou z řad profesionálů. Disciplína je většinou součástí jen postupových soutěží. Mimo to existují v České republice 2 seriálové soutěže Český pohár Velkopopovického Kozla a Big Shock Pohár.

Kapitola 3

Stávající řešení

V této kapitole jsou popsána existující řešení, která se dnes běžně používají pro měření časů na soutěžích v disciplínách požárního sportu. Jsou rozebrány i typy používaných externích displejů a spínačů ukončujících měření času.

Systém elektronické časomíry pro požární sport se skládá minimálně z řídicí jednotky, startovní pistole, systému zobrazování naměřeného času, kabeláže a spínacích zařízení. Spínacími zařízeními mohou být terče v případě měření disciplíny požární útok, či optické závory pro měření běhu na 100 m s překážkami. Ilustrační fotografie startovních pistolí a terčů jsou na obrázku 3.1. Dalším příslušenstvím může být optická závora pro startování (náhrada startovní pistole) a počítač vybavený softwarem pro sběr a zpracování naměřených časů.



Obrázek 3.1: Ilustrační fotografie startovních pistolí a terčů

V současné době se používají tři typy řešení. Prvním z nich je malá časomíra firmy Flajzar, s.r.o. Jedná se o jednoduchou časomíru, která se prodává jako elektronická stavebnice. Měří jen jeden čas v rozsahu 0 až 99 minut a 59,99 s s přesností na 0,01 s. Čas zobrazuje na malém sedmisegmentovém displeji, nemá tedy velký externí displej. Celá časomíra je na jednom plošném spoji a je řízena soustavou binárních čítačů. Neumožňuje tedy žádnou komunikaci s počítačem. Pro měření času obou terčů při požárním útoku, nebo více drah při běhu na 100 m s překážkami, je nutné použít více těchto stavebnic a ke každé z nich připojit startovní pistoli a příslušný spínač terče, nebo optickou závoru cíle dráhy. Fotografie možné podoby časomíry je na obrázku 3.2.

Dalším typem řešení jsou mikrokontrolérem řízené časomíry navržené pro požární sport. Tyto časomíry jsou vybaveny velkým externím displejem a umožňují přenos naměřených



Obrázek 3.2: Fotografie možné podoby časomíry od firmy Flajzar, s.r.o.

časů do počítače. Někteří výrobci se zaměřují jen na měření času požárních útoků, např. firma Knězek, s.r.o. V takovém případě časomíra měří časy levého i pravého terče v rozmezí 0 až 99,999 s s přesností na tisícinu sekundy a po dokončení soutěžního pokusu vyhodnotí a zobrazí výsledný čas. Další výrobci umožňují mimo požárního útoku měřit i časy pokusů závodníků v disciplíně běh na 100 m s překážkami. Počet měřených drah se liší dle výrobce, všechny časomíry jsou však schopny měřit minimálně čas dvou drah. Využitelné maximum jsou poté 4 dráhy. Časy se podle pravidel požárního sportu měří s přesností na setinu sekundy. Příkladem tohoto typu řešení jsou časomíry vyvinuté firmou TRV elektronik nebo Ing. Liborem Valešem.

Posledním typem řešení je skupina časomír navržených a vyrobených jednotlivými sbory dobrovolných hasičů. Tyto časomíry jsou uzpůsobeny potřebám jednotlivých sborů a způsob jejich provedení se liší. Obecně však využívají principy předchozích dvou typů řešení a jejich kombinaci (např. časomíra řízená soustavou binárních čítačů doplněná o velký externí displej). Zajímavou inovací bezdrátového připojení terčů se zabývaly kvalifikační práce [5] a [6].

3.1 Displej

Důležitou součástí systému časomíry je zobrazovací jednotka naměřených časů. Pominu-li systémy bez externího displeje, jsou dnes používány 2 základní způsoby provedení displejů.

Jedním z nich je jednořádkový sedmisegmentový displej. Při tomto řešení se zobrazuje na displeji jen výsledný čas požárního útoku, nebo v disciplíně běh na 100 m s překážkami běžící čas, dokud nedoběhne poslední závodník z rozběhu. Čas druhého terče při požárním útoku, nebo časy dalších drah při běhu na 100 m s překážkami se poté zobrazují střídavě po dokončení všech pokusů.

Druhým řešením je použití víceřádkového displeje. I zde se používají sedmisegmentové číslice. Na každém řádku se poté zobrazuje jiný čas. Pro požární útok se používá model se třemi řádky, kdy na prvním řádku je výsledný čas a na ostatních dvou jsou časy jednotlivých terčů. Lze také použít jen 2 řádky, kdy na prvním je výsledný čas a na druhém čas rychlejšího terče. Při běhu na 100 m s překážkami se časy jednotlivých drah zobrazují na samostatných

řádcích.

Externí displeje se liší i použitou technologií zobrazování. Nejběžnější je využití velkých segmentových LED (Light-Emitting Diode) číslic (obr. 3.3) nebo vysoce svítivých LED uspořádaných do segmentů číslice (obr. 3.4). Existuje i řešení založené na maticovém LED displeji, v tomto případě se však jedná o profesionální řešení, které je součástí komplexního systému časomíry pro požární sport vyrobené firmou THT Polička [7].



Obrázek 3.3: Příklad displeje ze segmentových LED číslic (převzato z [5])



Obrázek 3.4: Příklad displeje se segmenty poskládanými z vysoce svítivých LED (převzato z [5])

3.2 Spínače

Pro spínání sklopných terčů při požárním útoku se využívají magnetické nebo polohové spínače. Způsob jejich použití závisí na konstrukci terčů.

Jedním z používaných řešení je umístění kovové klapky za otvor v čelní desce terče. Na klapce je připevněna jedna část magnetického spínače, která doléhá k indukčnímu snímači spínače. Klapka může být přidržována ve výchozí poloze pomocí magnetů nebo pomocí zarážky s pružinou, jejíž odpor musí klapka překonat, aby byla sklopena. Po zásahu vodou do otvoru v čelní desce terče je klapka sklopena, čímž dojde ke změně stavu na indukčním snímači magnetického spínače a odešle se signál do řídicí jednotky časomíry. Zároveň dojde k rozsvícení signálního světla terče.

Druhou možností je použití závaží, které si umístí na podstavec za otvor v čelní desce terče. V podstavci je zabudován polohový spínač, který je závažím zamáčkнутý. Po sražení

závaží se změnila poloha spínače, odešle se signál do časomíry a rozsvítí se signální světlo terče. Lze použít i variantu, kdy je závaží připevněno ke konstrukci na pantu. K sepnutí spínače pak dochází po dopadu závaží na spínač.

V disciplíně běh na 100 m s překážkami se obecně používá pouze jeden princip optických závor. Každá dráha má na cílové čáře konstrukci, na které je z jedné strany připevněn vysílač světelného paprsku a z druhé strany jeho snímač. Závodník při probíhání cílovou čarou přeruší světelný parsek, čímž dojde k odeslání impulsu do časomíry.

Kapitola 4

Návrh řešení

V této kapitole je zhodnoceno současné řešení elektronických časomír pro požární sport, jsou rozebrány výhody a nevýhody jednotlivých řešení a navrženo vlastní řešení systému elektronické časomíry.

4.1 Zhodnocení současného stavu

V současné době se především na malých pohárových soutěžích stále používají jednoduché časomíry bez externího displeje a možnosti komunikace s počítačem. Na soutěžích, které jsou zařazeny do některého z ligových seriálů, je však již nutné měřit čas časomírou s velkým externím displejem. Mnohé ligy mají ve svých stanovách přímo uvedenu povinnost použití takové časomíry pořadatelem soutěže. Důvodem je zvýšení atraktivity soutěže a tím i celé ligy.

Nejběžnějším typem používaných externích displejů je jednořádkový sedmisegmentový displej s přepínáním naměřených časů po ukončení pokusu. V Moravskoslezském kraji se často používá i časomíra s třířádkovým displejem od firmy Knězek, s.r.o. Je to dáno především tím, že firma sponzoruje největší zdejší ligovou soutěž - Moravskoslezskou ligu v požárním útoku.

4.2 Zhodnocení používaných řešení

Výhodou řešení od firmy Flajzar, s.r.o. je jeho jednoduchost, nízká cena, bezporuchový chod a malé rozměry. Neumožňuje však připojit externí displej a přenos naměřených časů do počítače. Pro měření více časů najednou je nutné použít více modulů. Tato časomíra je tak vhodná spíše jako tréninková nebo jako záložní k jiné časomíře.

Velkými výhodami řešení založenými na mikrokontroléru jsou velký externí displej a komunikace s počítačem. Diváci i soutěžící tak ihned vidí dosažený čas a nemusí čekat až jej vyhlásí hlasatel soutěže. Navíc tak není pochyb o dosaženém času a soutěžící si jej nemusí chodit kontrolovat ke stanovišti časoměřičů. Přenos naměřených časů do počítače předchází chybám při přepisování časů do výsledkové listiny. Další výhodou je možnost automatického vyhodnocování naměřených časů a vytvoření tabulek s výsledky soutěže. Obsluha časomíry tak nemusí nic ručně přepisovat, tudíž se nemůže dopustit žádné chyby. Toto řešení je však náročnější na vývoj softwaru a návrh hardwaru. Také cena je řádově vyšší než u řešení firmy Flajzar, s.r.o.

Displej

Rozložení externího displeje se odvíjí od disciplíny, pro kterou je časomíra primárně určena. Pro požární útok se jeví jako optimální dvouřádkový displej s rozdílnou výškou číslic. První řádek s vyššími číslicemi poté slouží pro zobrazení výsledného času požárního útoku a na druhém řádku se zobrazuje čas lepšího terče. Na tomto řádku je pak vhodné rozlišit, o který terč se jedná. Rozdílná výška číslic na řádcích slouží k jednoznačnému rozlišení výsledného času.

Pro běh na 100 m s překážkami je vhodnější použít řádky se stejně vysokými číslicemi a ideálně mít pro každou dráhu rozběhu jeden řádek, tedy maximálně 4 řádky. Tolik drah se však využívá jen na velkých stadionech a zpravidla jen při mistrovstvích republiky, běžnější je využití tří drah, které lze vidět již na okresních postupových kolech. V naprosté většině případů tak budou stačit 3 řádky displeje. Aby nedošlo ke zmatení diváků a soutěžících, není vhodné časy na displeji řadit podle jejich hodnoty. Vhodnější je mít ke každé dráze pevně přiřazen 1 řádek.

Další variantou je použití jen jednoho řádku displeje. Výhodou takového řešení je nižší cena a možnost zobrazení libovolného počtu časů. Ty se však musí zobrazovat postupně. Divák tak může přehlédnout některé časy. Při běhu na 100 m s překážkami je další nevýhodou, že čas běží, dokud neprotnou cíl všichni závodníci. Pokud tak běží v jednom rozběhu např. dva závodníci s velkým výkonovým rozdílem, čas rychlejšího závodníka nemusí být znám i několik sekund, dokud nedoběhne pomalejší závodník.

Technologie zobrazování

Výhodou sedmissegmentových LED číslic je jejich jednoduché použití a zapojení. Velkou nevýhodou tohoto řešení však je, že na trhu neexistuje model o potřebné velikosti a svítivosti. Největší model, který by vyhovoval svou svítivostí pro venkovní použití, má na výšku pouze 200 mm [8]. To by stačilo maximálně pro použití na menších řádcích displeje. Vzhledem k vlastnostem těchto modulů je nepříznivá i cena.

Jako lepší řešení se jeví poskládat jednotlivé segmenty číslic z vysoce svítivých LED. Vhodnou volbou diod lze dosáhnout požadované svítivosti a díky flexibilitě tohoto řešení lze poskládat číslice v podstatě o libovolné velikosti. Problémem je složitější zapojení a velký počet součástek, který navíc roste s velikostí číslice. Řešením by mohlo být zakoupení již hotových číslic, na trhu však jsou buď levné číslice určené pro interiérové použití, které svou svítivostí nevyhovují, nebo číslice určené pro zobrazování ceny paliv u benzínových stanic. Ty mají vhodnou svítivost i rozměry, ale jejich cena je velmi vysoká.

Zatím nevyzkoušeným řešením je vytvoření segmentů číslic pomocí technologie LED pásků [9]. Ty nabízejí dostatečnou svítivost a především velmi jednoduché zapojení. Jejich cena je taktéž příznivá. Délka pásků je shora téměř neomezená a minimální délka je 5 cm, takže z nich lze snadno vytvořit číslice o požadované velikosti. Protože však zatím není zdokumentováno použití LED pásků pro podobnou aplikaci, není známo jejich chování na přímém slunci (např. zahřívání) a jejich spolehlivost.

Spínače terčů

Nevýhodou magnetických koncových spínačů je jejich nízká životnost. Proud vody zasahuje spínací mechaniku terče velkou silou a často dochází k poškození spínače. Při jejich použití však postačuje jednoduchá konstrukce terče s klapkou.

Polohové koncové spínače vynikají svou spolehlivostí a odolností. Jejich použití se osvědčilo v praxi na starší verzi terčů, které vlastní můj domovský sbor a které již 4 roky bez problémů fungují. Nevýhodou je nutnost konstrukce složitějšího mechanismu spínání.

Použití klapky přidržené ve výchozí poloze magnetem je jedním z nejjednodušších řešení mechanismu spínání. Magnety však klapku nepřidrží dostatečnou silou a terče tak lze srazit i z větší dálky. To umožňuje dosáhnout lepšího času i horším týmům a soutěž tak ztrácí na objektivitě.

Lepším řešením je použití zarážky s pružinou, která tlačí shora na klapku. Přítlak pružiny lze regulovat a tím nastavit sílu, která je potřebná ke sražení terče. Při nastavení dostatečného přítlaku je pak velmi obtížné srazit terč z dálky. Nevýhodou je použití magnetického spínače, čímž mechanismus ztrácí spolehlivost.

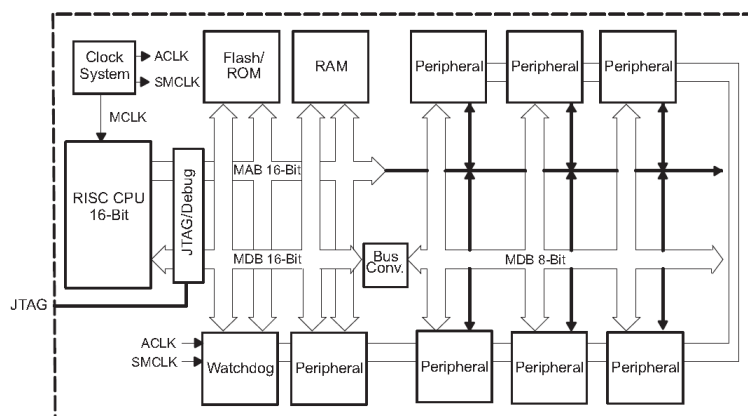
Použití závaží volně položeného na podstavci s polohovým spínačem je další jednoduché řešení. Závaží se však může pouze nadzvednout, čímž dojde k sepnutí spínače dříve, než je terč sražen. Dále se závaží může odsunout mimo otvor v čelní desce terče a úplně tak znemožnit sražení terče.

Tyto problémy řeší mechanismus se závažím na konstrukci s pantem. Tíha závaží je dostatečná k zabránění sražení terče z dálky a díky použití polohového spínače je tento mechanismus i spolehlivý. K sepnutí ale dochází až po dopadu závaží na spínač - výsledné časy jsou tedy lehce zkresleny.

4.3 MSP430

Použití mikrokontroléru z rodiny MSP430 pro řízení systému časomíry je dáno již zadáním práce. Zde jsou popsány základní vlastnosti těchto mikrokontrolérů.

MSP430 je rodina 16bitových mikrokontrolérů vyráběných americkou firmou Texas Instruments. Mikrokontroléry mají RISC (Reduced Instruction Set Computer) architekturu, mohou pracovat na frekvencích 4 až 25 MHz. Využívají von Neumannovu koncepci počítače. Výrobce se u této rodiny zaměřuje hlavně na propracovaný systém řízení spotřeby. Mikrokontroléry mohou být napájeny 1,8 až 3,6V napětím. Schéma architektury MSP430 je na obrázku 4.1.

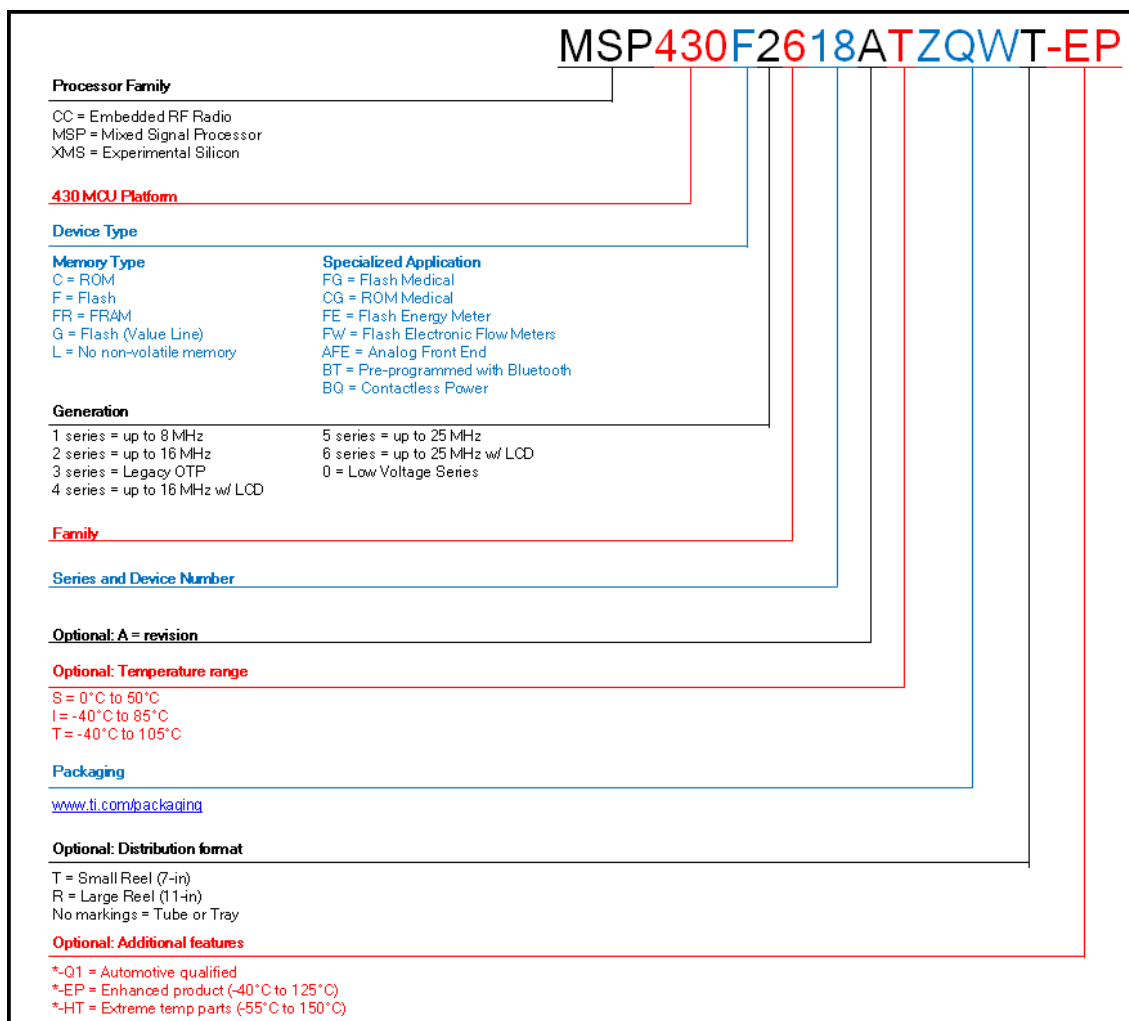


Obrázek 4.1: Schéma architektury MSP430 (převzato z [10])

Výrobce poskytuje obsáhlou podporu pro vývoj embedded systémů v podobě příruček, datasheetů a příkladů kódů pro ovládání jednotlivých funkcí mikrokontroléru. Texas In-

struments dále nabízí vývojové prostředí Code Composer Studio, které umožňuje vyvíjet programy pro mikrokotrolér v jazycích C a C++ a ladit programy pomocí JTAG emulátoru přímo na hardwaru.

V nabídce výrobce je 6 základních modelových řad, které se liší pracovní frekvencí, počtem I/O vývodů, velikostí a typem použitých pamětí a typem použitých modulů. Mikrokotroléry mohou obsahovat moduly čítačů, AD převodníků, komunikační moduly pro rozhraní SPI, I2C, UART, LIN a IrDA, moduly násobiček, DMA řadiče nebo řadiče LCD displeje. Popis významu značení modelových řad je na obrázku 4.2.



Obrázek 4.2: Systém značení modelových řad MSP430 (převzato z [11])

4.4 Shrnutí

Cílem mé práce je navrhnout systém časomíry pro měření disciplín požární útok i běh na 100 m s překážkami. Proto jsem se rozhodl pro kompromis a zvolil třířádkový displej s prvním řádkem s většími číslicemi. Toto řešení umožňuje zobrazit výsledný čas a oba časy terčů při požárním útoku nebo časy tří drah při běhu na 100 m s překážkami. Kvůli

vyrovnané výkonnosti týmů je pro měření časů požárních útoků dnes již nutné měřit s přesností na tisícinu sekundy. Dle pravidel požárního sportu má družstvo či jednotlivec 120 s na provedení pokusu. Proto jsem zvolil rozsah měření 0 až 999,999 s.

Pro vytvoření segmentů číslic jsem se rozhodl použít technologii LED pásků především kvůli jejich ceně, dostatečné svítivosti, snadnému zapojení a flexibilitě použití.

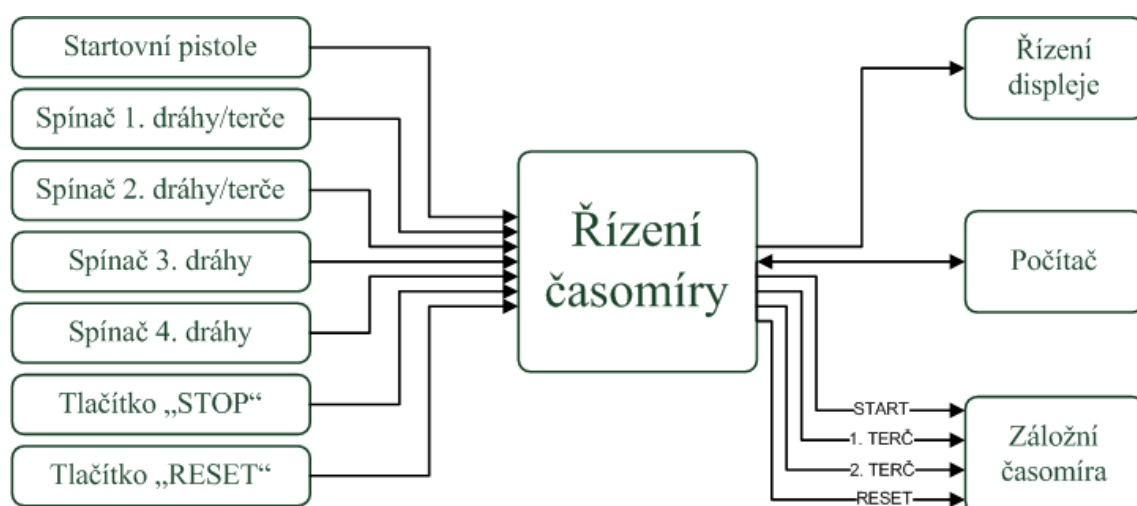
Již ze zadání práce vyplývá použití mikrokontroléru pro řízení časomíry. Pro využití všech výhod tohoto řešení je nutné navrhnout a implementovat desktopovou aplikaci pro sběr a vyhodnocování naměřených časů, automatickou tvorbu tabulek výsledků apod. Jako záložní časomíru je možné využít řešení od firmy Flajzar, s.r.o., které již můj domovský sbor vlastní.

Kvůli dobrým zkušenostem se spolehlivostí je pro spínání terčů vybrán polohový koncový spínač. Pro mechanismus spínání terče se jeví jako nejvhodnější varianta použití klapky přidržované ve výchozí poloze zarážkou s pružinou. Aby bylo možné využít polohový spínač, je nutné navrhnout úpravu tohoto mechanismu.

Kapitola 5

Popis implementace

Na obrázku č. 5.1 je znázorněno blokové schéma systému časomíry. Vstup ze startovní pistole spouští měření času. Signály ze spínačů drah či terčů určují okamžiky, kdy se má zastavit čítač času jednotlivých drah (terčů). Vstup z tlačítka „RESET“ slouží k vynulování časomíry a tlačítko „STOP“ zastaví měření času. To se hodí například k zastavení měření, když jeden ze závodníků v rozběhu disciplíny běh na 100 m s překážkami nedokončí svůj pokus nebo když dojde ke sražení jen jednoho terče při požárním útoku.



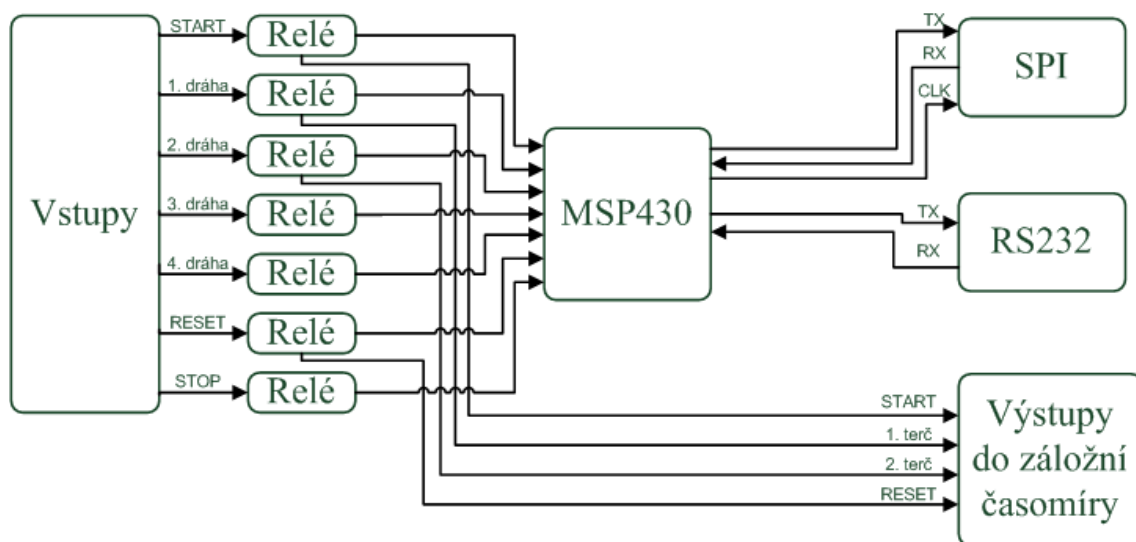
Obrázek 5.1: Blokové schéma systému časomíry

Na výstup do systému řízení displeje se během měření odesílají data s hodnotou průběžného času. Po sepnutí spínače dráhy (terče) se odešle hodnota s jeho dosaženým časem. Po sepnutí spínačů obou terčů se při požárním útoku odesílá navíc hodnota výsledného času. Po ukončení pokusu se všechny naměřené časy odešlou do připojeného počítače, kde je zpracuje desktopová aplikace. Pomocí této aplikace lze nastavovat režim měření času, počet měřených drah, vynulovat časomíru nebo zastavit měření času. Časomíra může fungovat i samostatně bez připojení k počítači. V takovém případě ale funguje jen v režimu měření času požárního útoku.

Signály *START*, *1. TERČ*, *2. TERČ* a *RESET* slouží pro řízení záložní časomíry. Jsou přeposílány ze startovní pistole, spínačů 1. a 2. terče a tlačítka „RESET“.

5.1 Řídicí jednotka

Blokové schéma řídicí jednotky systému časomíry je na obrázku č. 5.2. Hlavní součástí je mikrokontrolér z rodiny MSP430, který se stará o měření časových intervalů, komunikaci se systémem řízení displeje a komunikaci s desktopovou aplikací běžící na připojeném počítači.



Obrázek 5.2: Blokové schéma řídicí jednotky

Startovní pistole, spínače drah (terčů) a tlačítka „RESET“ a „STOP“ jsou napájena 12V napětím. Aby nedošlo ke zničení řídicí elektroniky, jsou tyto signály odděleny od ostatních obvodů pomocí elektromagnetických relé RR2A12-500 ECE [12]. Každý signál přichází na vstup jednoho relé, které spíná obvod s napětím 3,3 V napojený na pin mikrokontroléru. Přijatý impuls pak v mikrokontroléru vyvolá příslušnou akci. Použitá relé mají 2 spínací kontakty, což se využívá pro přeposílání vstupních signálů do záložní časomíry. Příklad zapojení startovní pistole je na obrázku č. 5.3.

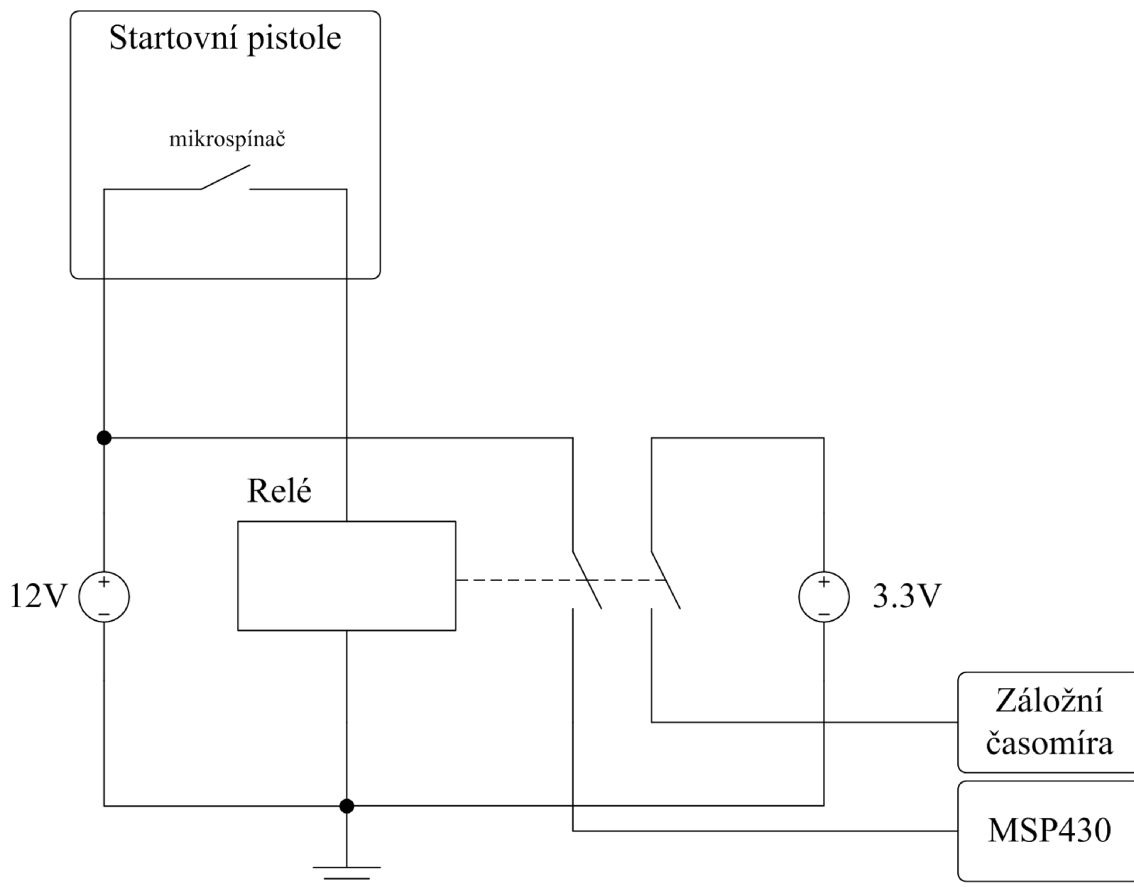
Komunikace se systémem řízení displeje probíhá pomocí rozhraní SPI. Signál *TX* slouží k posílání dat do mikrokontroléru, který řídí displej. Pomocí signálu *RX* se posílají data opačným směrem a *CLK* slouží k taktování přenosu. Protože mikrokontroléry rodiny MSP430 pracují na napětí 3,3 V a mikrokontrolér řídicí displej pracuje na 5 V, je nutné použít převodníky úrovní. Elektronické součástky systému řízení časomíry a řídicího systému displeje jsou umístěny na jedné desce plošných spojů (DPS).

Data mezi MSP430 a aplikací v připojeném počítači se přenášejí přes rozhraní RS232. Signály *TX* a *RX* slouží k posílání a příjmu dat z počítače. Pro úpravu napěťových úrovní je použit převodník TTL na RS232 MAX3232ESE+ [13].

Mikrokontrolér

Pro účely řízení systému časomíry musí vybraný obvod splňovat minimálně tyto parametry:

- jeden čítač s přerušením,
- 7 I/O pinů schopných vyvolat přerušování,



Obrázek 5.3: Blokové schéma řídicí jednotky

- hardwarová implementace rozhraní SPI,
- hardwarová implementace rozhraní UART pro sériový port,
- možnost programování v jazyce C,
- možnost ladění pomocí JTAG rozhraní.

Vedoucím práce mi bylo doporučeno použití mikrokontroléru z rodiny MSP430, se kterým mám již zkušenosti ze školních laboratoří a projektů. Výše uvedené podmínky splňuje např. model MSP430F247 [14]. Jedná se o 16 MHz mikrokontrolér s architekturou RISC vyráběný firmou Texas Instruments. Je vybaven dvěma dvoukanálovými moduly pro sériovou komunikaci. První umožňuje komunikaci pomocí rozhraní SPI nebo I2C a druhý podporuje rozhraní UART, které lze použít pro sériový port a dále LIN, IrDA a SPI. Mikrokontrolér dále obsahuje 2 šestnáctibitové čítače s přerušením a 2 osmibitové porty, jejichž bity mohou vyvolat přerušování. Tento model podporuje programování v jazyce C a ladění pomocí JTAG rozhraní. Další parametry jsou v tabulce 5.1. Výhodou navíc je, že lze zakoupit již hotovou desku plošných spojů osazenou tímto mikrokontrolérem s vyvedenými piny, patičí JTAG rozhraní, 32,768 Hz a 8 MHz krystaly a stabilizátorem napětí na 3,3 V. Proto jsem se rozhodl tento mikrokontrolér použít.

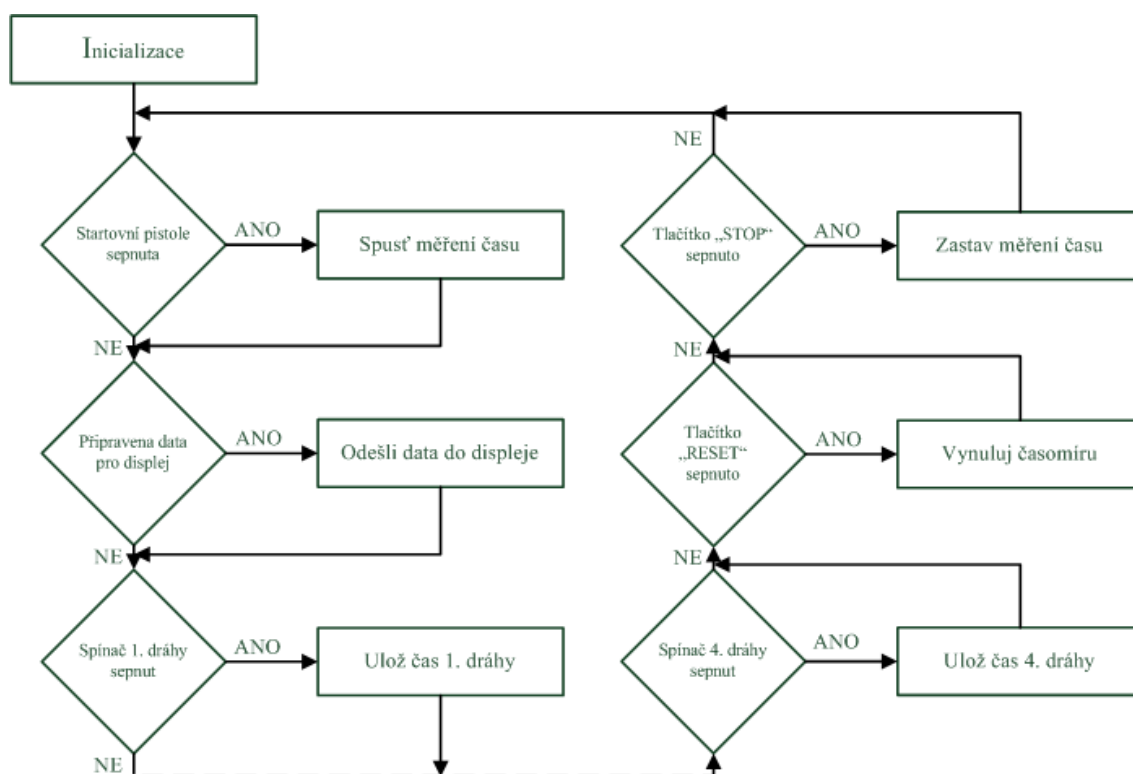
Parametr	Hodnota
Paměti	32 kB FLASH 4096 B SRAM
I/O vývody	48
Napájecí napětí	1,8 až 3,6 V
Pouzdro	64 QFP
Pracovní teploty	-55 °C až 150 °C

Tabulka 5.1: Vybrané parametry MSP430F247

5.2 Program pro mikrokontrolér

Program je implementován v jazyce C z důvodu zejména rychlejšího vývoje. Tento jazyk nedovoluje napsat tak optimální kód, jako assembler, ale to pro tuto aplikaci není kritické. Vzhledem k rozsahu programu pak jazyk C oproti assembleru výrazně usnadňuje a urychluje vývoj.

Aplikace byla napsána a odladěna ve vývojovém prostředí Code Composer Studio v4 od výrobce mikrokontroléru Texas Instruments. Toto prostředí je pro studenty dostupné zdarma s omezením na mikrokontroléry rodiny MSP430 a C2000. Jelikož v něm není obsažen simulátor mikrokontrolérů, bylo pro ladění nutné zakoupit JTAG emulátor MSP-FET430UIF. Ladění tak probíhalo přímo na hardwaru.



Obrázek 5.4: Vývojový diagram hlavní smyčky programu

Program se stará o řízení celého systému časomíry. Po připojení napájení se provede

inicializace proměnných a příznaků, nastaví se používané moduly mikrokontroléru a nastaví se režim měření požárního útoku. Poté se vstoupí do nekonečného cyklu, ve kterém se neustále testují příznaky vnějších událostí. Vývojový diagram hlavní smyčky programu je na obrázku 5.4.

Signály ze startovní pistole, spínačů drah (terčů) a tlačítek jsou přivedeny na piny P1.0 až P1.6 portu P1. Úroveň logická 1 na těchto vstupech vyvolá přerušení, ve kterém se nastaví příznak příslušné události a zakáže se přerušení od pinu, který toto přerušení vyvolal. Tím se zabrání zmatení programu při neočekávaných událostech, jako například vícenásobný výstřel ze startovní pistole.

Nastavení příznaku události se rozpozná v hlavní smyčce programu a provede se podprogram reagující na příslušnou událost. Po inicializaci a po každém vynulování časomíry je povoleno přerušení jen od startovní pistole a tlačítek „RESET“ a „STOP“. Přerušení od spínačů drah (terčů) se povolí až po začátku měření času. Jedná se opět o ošetření nestandardních stavů, např. rozepnutí spínače terče až po vynulování časomíry apod.

Po inicializaci časomíry se čeká na impuls z mikropsínače startovní pistole, čítač času je zastaven a na všech řádcích displeje jsou zobrazeny samé nuly. Po přijetí impulsu a nastavení příznaku výstřelu startovní pistole se spustí čítání času.

Měření času

Čítání času je realizováno pomocí čítače A, který je taktovaný externím 32,768 Hz krystalem. Každých 32 tiků čítače je generováno přerušení, v jehož obsluze se inkrementuje průběžný čas o 1 milisekundu. Po uplynutí 32 tiků čítače však při použití 32,768 Hz krystalu neuplyne přesně 1 ms, ale 0,9765625 ms. Proto je nutné chybu měření kompenzovat, aby s časem nenarůstala. Způsob kompenzace je znázorněn v algoritmu 1. Výsledná chyba měření je pak maximálně 1 ms. Každých 100 ms se nastavuje příznak aktualizace průběžného času na displeji. Tento interval pro orientaci závodníků a diváků v průběhu pokusu dostačuje, není potřeba zobrazovat přesný průběžný čas.

Algoritmus 1: Obsluha přerušení od časovače A

```

1 tempTime += 125;                                     // 125 =  $\frac{9765625}{5^7}$ 
2 if tempTime >= 128 then
3     tempTime -= 128;                                   // 128 =  $\frac{10000000}{5^7}$ 
4     msec++;                                           // přičtení 1 ms k měřenému času
5     tempMsec++;
6     if tempMsec == 100 then
7         tempMsec = 0;
8         nastavení příznaku aktualizace displeje;
9     end
10 end

```

Hodnota běžícího času v milisekundách je uložena v globální proměnné *msec*. Pokud je nastaven příznak sepnutí spínače některé z drah, či terčů, spustí se z hlavní smyčky programu podprogram pro uložení dosaženého času dráhy (terče). Zde se zkopíruje aktuální hodnota *msec*, která se zakóduje do podoby vhodné pro přenos do systému řízení displeje. Dosažený čas se na displeji zobrazí až po dokončení periody jeho aktualizace. Dále se kontroluje, zda jsou sepnuty spínače všech drah (terčů). Pokud ano, nastaví se příznak ukončení

měření.

Komunikace s řídicím systémem displeje

Během měření dochází každých 100 ms k aktualizaci průběžného času na displeji. Příznak aktualizace se nastavuje v přerušení od čítače A, reaguje se na něj v hlavní smyčce programu vyvoláním podprogramu, který se stará o odeslání dat do mikrokontroléru řídicího displej pomocí rozhraní SPI.

Pro tyto účely je navrhnut jednoduchý protokol, jehož kódová slova jsou v tabulce 5.2. Příklad komunikace je ilustrován na obrázku 5.5. Pro zjednodušení jsou všechna kódová slova o velikosti 1 B. Nejprve se pošle adresa řádku displeje a poté hodnoty jednotlivých číslic. Ve nich jsou zakódovány i pozice číslic. Horní 4 bity kódového slova udávají pozici číslice, mohou nabývat hodnot 1 až 6. Dolní 4 bity udávají hodnotu číslice, tzn. 0 až 9. Tento způsob kódování zajišťuje, že se nemusí vždy odesílat všech 6 číslic, ale stačí pouze odeslat číslice, jejichž hodnota se změnila. Další výhodou je, že lze posílat hodnoty číslic opakovaně. Adresu řádku displeje tak stačí odeslat jen jednou na začátku komunikace. Po odeslání adresy jiného řádku se další odeslané hodnoty číslic přiřazují tomuto řádku.

Kódové slovo	Význam
0x01	Adresace 1. řádku displeje
0x02	Adresace 2. řádku displeje
0x03	Adresace 3. řádku displeje
0x1X	Hodnota X 1. číslice na řádku displeje
0x2X	Hodnota X 2. číslice na řádku displeje
0x3X	Hodnota X 3. číslice na řádku displeje
0x4X	Hodnota X 4. číslice na řádku displeje
0x5X	Hodnota X 5. číslice na řádku displeje
0x6X	Hodnota X 6. číslice na řádku displeje

Tabulka 5.2: Kódová slova protokolu pro komunikaci s mikrokontrolérem displeje

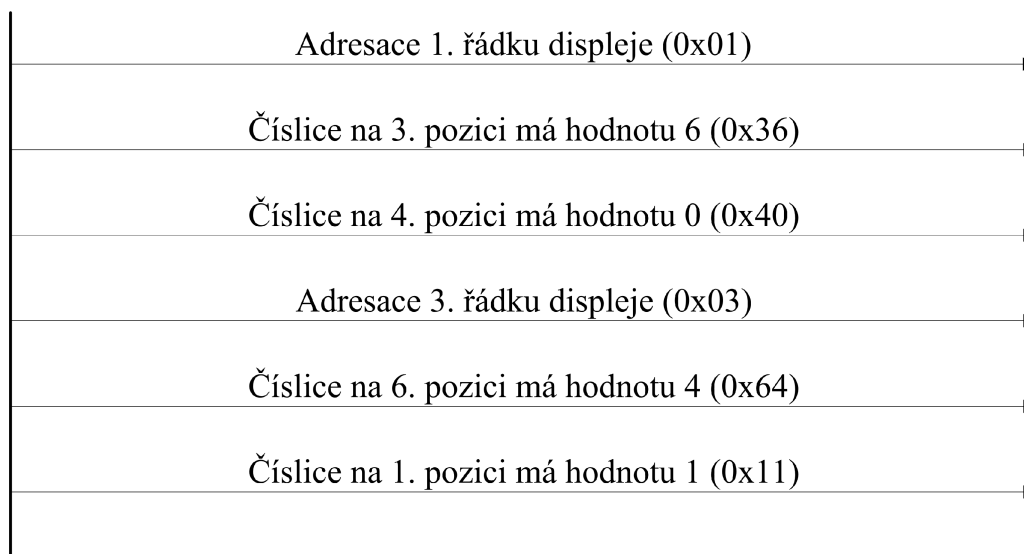
Protože oba režimy měření času vyžadují jiné zobrazování průběžného času, jsou pro tyto účely implementovány 2 podprogramy. První z nich, *sendTempTime*, řídí posílání dat na displej při měření požárních útoků. V tomto případě se průběžný čas zobrazuje jen na 1. řádku displeje. Na další řádky se zobrazují výsledné časy jednotlivých terčů. Čas dříve sraženého terče se tak zobrazí už během pokusu, nemusí se čekat na sražení druhého terče.

Podprogram *sendAthleticTempTime* obsluhuje posílání dat na displej při běhu na 100 m s překážkami. Průběžný čas se zobrazuje na všech řádcích displeje. Jednotlivé řádky jsou přiřazeny drahám 1 až 3. Čas případné 4. dráhy se zobrazuje jen v desktopové aplikaci na připojeném počítači. Po doběhnutí závodníka na dráze do cíle se na příslušném řádku zobrazí jeho docílený čas. Průběžný čas se poté zobrazuje jen na řádcích, kde ještě není čas zastaven. Tím je docíleno zobrazení výsledného času závodníka již během pokusu a zároveň se stále zobrazuje průběžný čas pro orientaci diváků a zbylých soutěžících.

Po sepnutí všech spínačů drah (terčů) nebo po stisku tlačítka „STOP“ dochází k ukončení měření času. Při režimu měření požárních útoků se vyhodnotí výsledný čas, který se odešle na 1. řádek displeje. Na 2. řádku je zobrazen čas levého terče, čas pravého terče je na řádku třetím. Při měření disciplíny běh na 100 m s překážkami je na 1. řádku displeje zobrazen čas 1. dráhy, na 2. řádku čas 2. dráhy a na 3. čas 3. dráhy. Pro zjednodušení programu jsou

MSP430

Displej



Obrázek 5.5: Příklad komunikace s displejem

hodnoty všech časů odeslány ještě jednou. Jinak by bylo nutné rozeznávat, který čas dráhy byl poslední.

Komunikace s desktopovou aplikací

Pokud je připojen počítač s desktopovou aplikací, jsou dále všechny naměřené časy odeslány do počítače přes sériový port. Pro komunikaci se opět používá jednoduchý protokol, jehož klíčová slova jsou v tabulce 5.3 a příklad typické výměny dat na obrázku 5.6. Každá odeslaná zpráva musí být potvrzena druhou stranou zprávou *Acknowledge*, která indikuje přijetí zprávy a povoluje odeslání dalších dat.

Kódové slovo	Význam	Cíl
0xFE	Handshake	MSP430
0xFF	Acknowledge	oba směry
0xE0	Vynulování časomíry	MSP430
0xE1	Zastavení měření času	MSP430
0xD0	Změna režimu na měření požárních útoků	MSP430
0xD1	Změna režimu na měření běhu na 100 m s překážkami	MSP430
0xC2	Změna počtu drah na 2	MSP430
0xC3	Změna počtu drah na 3	MSP430
0xC4	Změna počtu drah na 4	MSP430
0xB0	Oznámení začátku měření	desktopová aplikace
0xB1	Oznámení konce měření	desktopová aplikace

Tabulka 5.3: Kódová slova protokolu pro komunikaci s desktopovou aplikací



Obrázek 5.6: Příklad komunikace s desktopovou aplikací

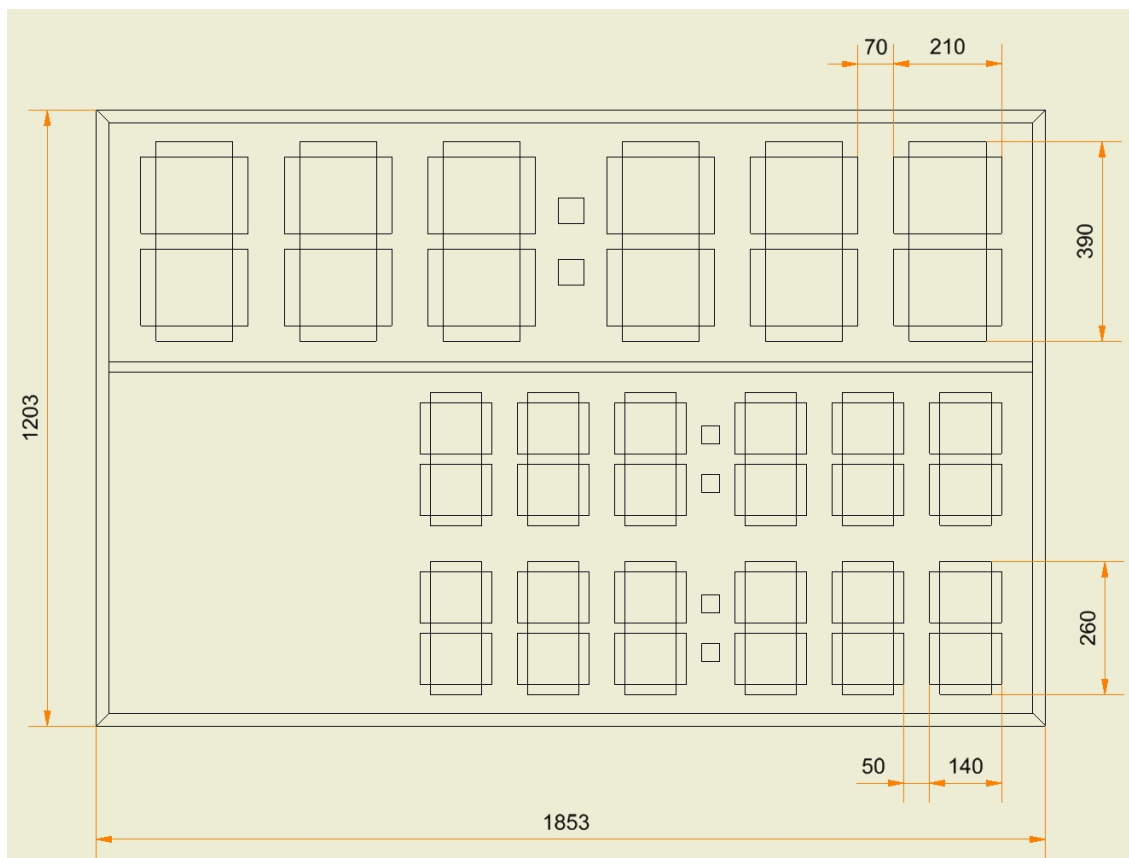
Po připojení počítače k systému časomíry je pomocí desktopové aplikace odeslána zpráva *Handshake*. Program v mikrokontroléru na ni zareaguje nastavením příznaku připojeného počítače. Z desktopové aplikace lze dále nastavit režim měření času a počet drah při disciplíně běh na 100 m s překážkami. Taktéž lze vynulovat časomíru nebo zastavit měření času.

Mikrokontrolér informuje aplikaci v počítači o začátku a konci měření času. Po ukončení měření se do počítače odešlou všechny naměřené časy. Hodnota jednoho času je rozdělena do 4 B dat.

5.3 Displej

Displej se skládá ze 3 řádků, každý řádek obsahuje 6 číslic a jednu dvojtečku. Číslice jsou sedmisegmentové, na prvním řádku mají výšku 390 mm a na dalších dvou řádcích 260 mm. Celkové rozměry displeje bez oplechování jsou 1850x1200x10 mm. Náčrso čelní strany displeje je na obrázku 5.7

Jednotlivé segmenty číslic jsou vyrobeny z vysoce svítivých červených LED pásků, které jsou nalepeny na společnou základnu tvořenou 3 mm tlustým hliníkovým plechem. Tím je řešeno i chlazení LED v páscích. Na prvním řádku tvoří 1 segment dva 150mm pásy SMD-5050 [15] nalepené vedle sebe. Segment má tak rozměry 150x30 mm. Vybrané parametry pásků jsou v tabulce 5.4. Menší segmenty na 2. a 3. řádku displeje jsou tvořeny dvojicí 100mm pásků SMD-3528 [16] rovněž nalepených vedle sebe. Jejich parametry jsou taktéž



Obrázek 5.7: Nákres čelní strany displeje

v tabulce 5.4. Segmenty mají rozměry 100x20 mm. Celkem bylo použito 13 m pásků SMD-5050 a 17,1 m pásků SMD-3528. Na menší číslice byl použit jiný typ pásků především kvůli jejich ceně a množství, které jich bylo potřeba. Testy na přímém slunci ukázaly, že svítivost obou typů pásků je dostatečná i na vzdálenost pozorovatele od displeje větší než 100 m.

Konstrukce displeje

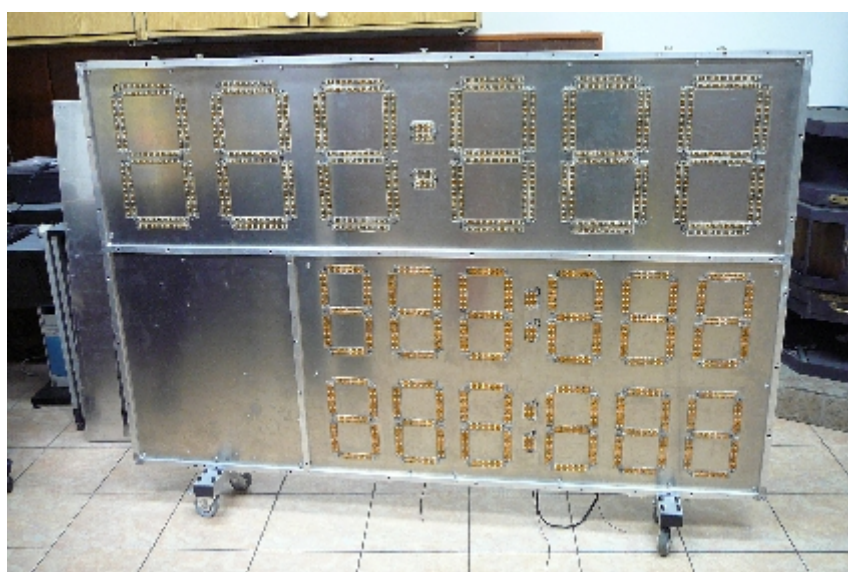
Návrh konstrukce displeje jsem svěřil členům Sboru dobrovolných hasičů Vyšní Lhoty, kteří mají pro tuto činnost potřebné vzdělání a zkušenosti. Sám jsem se podílel na výrobě konstrukce displeje a návrhu zapojení vnitřní elektroniky.

Rám displeje je vyroben z hliníkových profilů a závitových tyčí. Fotografie displeje je na obrázku 5.8. Součástí rámu je i veškerá řídicí elektronika, celý systém časomíry je tak soustředěn zde. O napájení se stará 12 V spínaný zdroj S350 [17], jehož parametry jsou v tabulce 5.5. Pro případ poruchy na zdroji je v rámu zakomponován i záložní zdroj a malá záložní baterie schopná napájet řídicí systém časomíry v případě selhání obou zdrojů napětí. Lze tak dále měřit časy pokusů, ty jsou však odesílány pouze do připojeného počítače. Zobrazování času na displeji je vzhledem ke kapacitě baterie vypnuto.

Na levé straně rámu je vyveden panel s konektory pro připojení napájení ze sítě, startovní pistole, terčů nebo optických závor drah, tlačítek *RESET* a *STOP*, konektory pro připojení záložní časomíry a konektor RS232 pro připojení počítače. Pro možnost budou-

Parametr	Hodnota	Parametr	Hodnota
Hustota LED	60 ks/m	Hustota LED	60 ks/m
Napájecí napětí	12 V	Napájecí napětí	12 V
Úhel vyzařování	120 až 180 °	Úhel vyzařování	120 až 180 °
Vlnová délka	620 až 630 nm	Vlnová délka	620 až 630 nm
Příkon	14,4 W/m	Příkon	4,8 W/m
Proud	1,2 A/m	Proud	0,4 A/m
Světelný tok	1000 až 1150 lm/m	Světelný tok	280 až 340 lm/m
Krytí	IP66	Krytí	IP66
Cena za 5 m	4000 Kč s DPH	Cena za 5 m	1330 Kč s DPH

Tabulka 5.4: Vybrané parametry LED pásků SMD-5050 (vlevo) a SMD-3528 (vpravo)



Obrázek 5.8: Fotografie čelní strany displeje

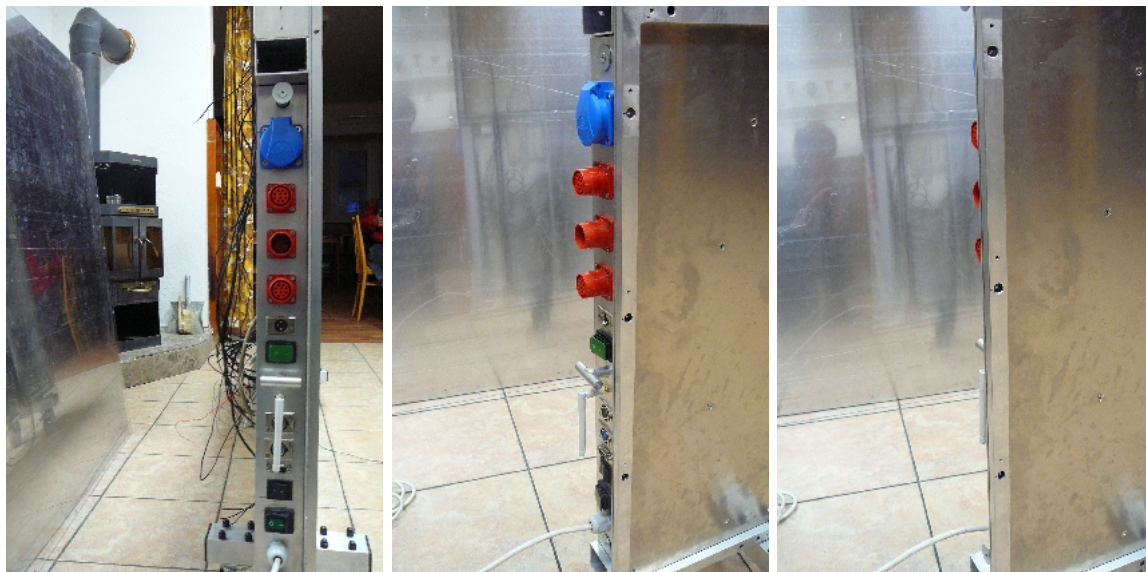
cího rozšíření o bezdrátovou komunikaci s počítačem je vyvedena i wi-fi anténa. Panel dále obsahuje hlavní vypínač napájení a přepínač napájení mezi spínaným zdrojem a záložní baterií. Aby nedošlo k poškození konektorů, lze celý panel při převozu zasunout do těla rámu displeje. Mechanika panelu s konektory je na obrázku 5.9.

Čelní stranu displeje kryje čirá polykarbonátová deska tloušťky 3 mm, která bude ještě pokryta fólií proti odleskům. V současné době probíhá testování různých druhů fólií, vhodný typ však zatím nebyl nalezen. Zadní strana rámu je zakryta 3 mm tlustým hliníkovým plechem. V místě, kde je soustředěna řídicí elektronika, je kryt s vylisovaným žebrováním pro přísun vzduchu k chladícím ventilátorům. Kryt je odnímatelný, v případě poruchy tak je zajištěn snadný přístup k řídicí elektronice.

Oplechování rámu je zhotoveno z hliníkových profilů. Rám displeje je odolný proti dešti a zásahu proudem vody z čelní strany např. při prasknutí hadice.

Parametr	Hodnota
Výstupní napětí	12 V
Výstupní proud	29 A
Výkon	350 W
Účinnost	83 % nm
Ochrana proti přetížení	105 až 135 % výkonu
Ochrana proti přepětí	115 až 150 % jmenovitého napětí

Tabulka 5.5: Vybrané parametry spínaného zdroje S350



Obrázek 5.9: Fotografie mechaniky panelu s konektory

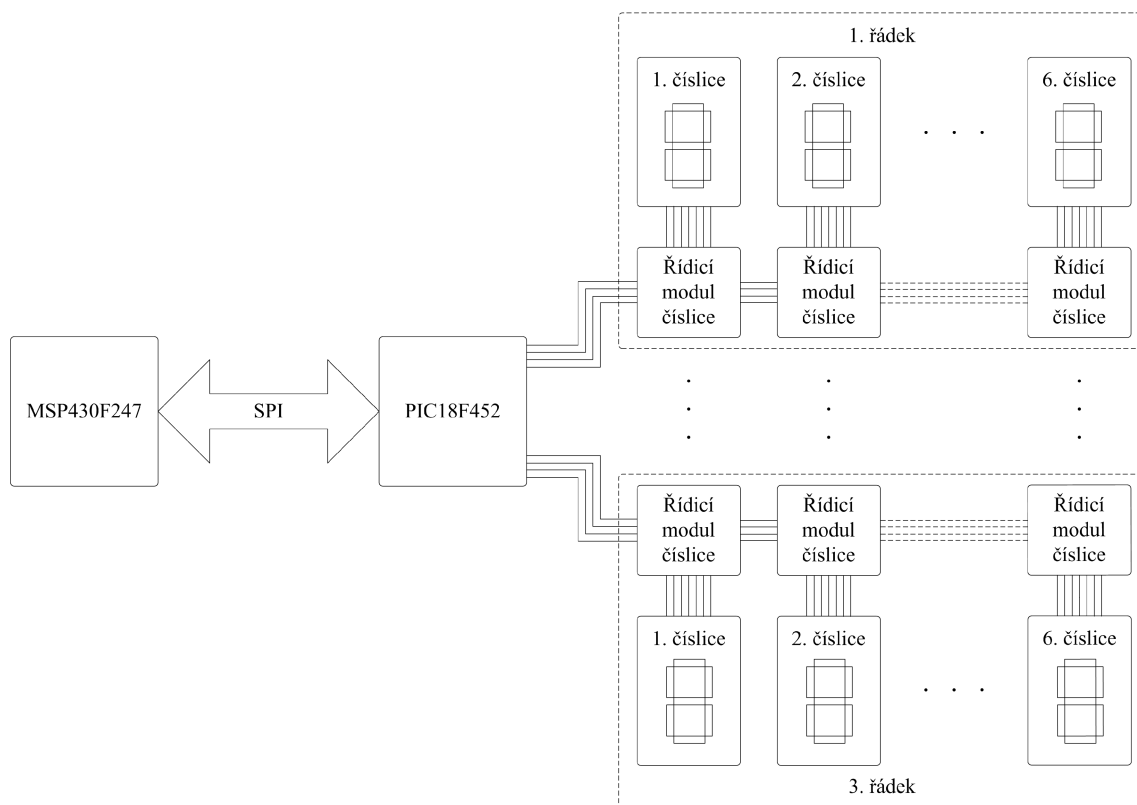
Řídicí systém

Jelikož cílem mé práce je především návrh a implementace systému měření času, časových intervalů a jejich zaznamenávání do paměti počítače, rozhodl jsem se zadat návrh a výrobu řízení displeje mému spolužákovi ze střední školy a studentovi Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií Vysokého učení technického v Brně Lukáši Gerykovi, který již má praktické zkušenosti s řízením displejů.

Zobrazování času na displeji řídí mikrokontrolér PIC18F452 [18], který posílá řídicí a datové signály po sběrnici k řídicím modulům číslic. Hodnoty naměřených časů pro zobrazení získává pomocí rozhraní SPI z mikrokontroléru MSP430F247, který řídí měření času. Blokové schéma systému je na obrázku 5.10.

Každá číslice je řízena jedním modulem, který obsahuje posuvný registr CDHCT4094 [19] a 7 unipolárních tranzistorů IRLR024N typu N-MOSFET [20]. Každý řádek displeje je připojen k mikrokontroléru vlastní sběrnici. Řídicí moduly číslic jsou na sběrnici zapojeny do série, hodnoty čísel si předávají přes posuvné registry. Při každé změně čísla na řádku displeje se tak posílají hodnoty všech číslic.

Výstupy posuvného registru jsou připojeny na elektrody G tranzistorů. Hodnota logické 1 na elektrodě G otevírá tranzistor, přes který se připojí 12V napětí na segment číslice,



Obrázek 5.10: Blokové schéma systému řízení displeje

čímž dojde k jeho rozsvícení.

Při ladění systému časomíry došlo k havárii, při které byla zničena většina elektronických součástí na řídicích DPS vinou přepólování napájecího napětí. V době odevzdávání práce tak nebyl systém zobrazování času funkční a na jeho zprovoznění se pracovalo.

5.4 Terče

Návrh konstrukce terčů, mechanismu spínání a návrh signalizace sražení terče provedli členové SDH Vyšní Lhoty. Na návrhu terčů jsem se podílel navržením vnitřního zapojení terčů a jejich napájení a návrhem kabeláže pro připojení k časomíře.

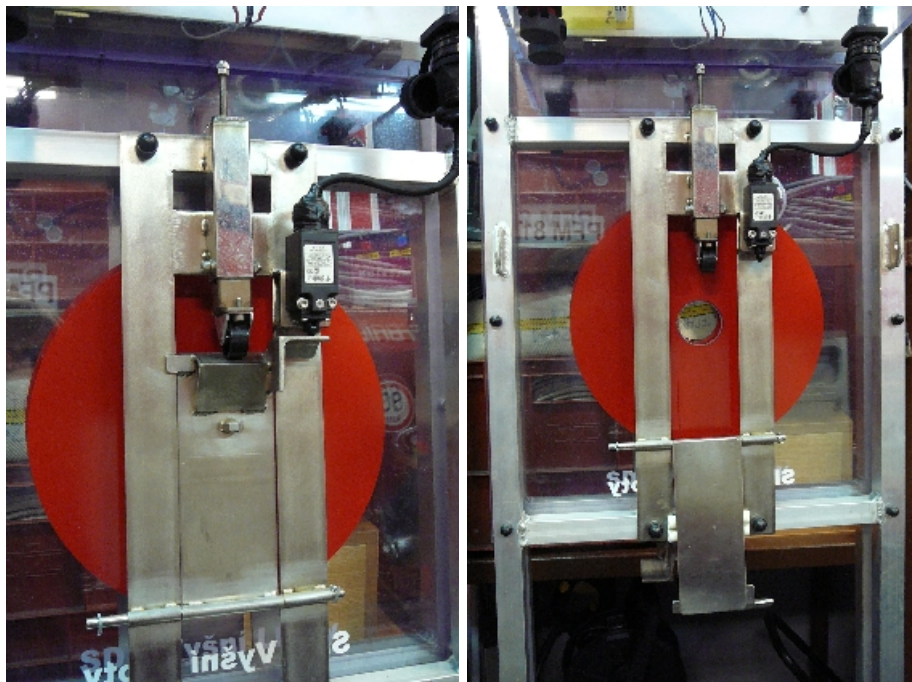
Zatím jsou vyvinuty pouze terče pro disciplínu požární útok. Na vývoj optických závor pro zaznamenání proběhnutí závodníků cílem v disciplíně běh na 100 m s překážkami nezbyly finanční prostředky a jejich vývoj je plánován do budoucna.

Konstrukce terčů je vyrobena z hliníkových profilů. Díky tomu je konstrukce lehká a odolná proti korozi. Čelní deska terče a krabice pro elektroniku terče jsou z čírého polykarbonátu. Mechanismus spínání je vyroben z nerezové oceli.

Spínací mechanismus

Fotografie spínacího mechanismu je na obrázku 5.11. Na klapku tlačí seshora zarážka s otočným kolečkem. Síla přitlaku je regulovaná nastavením pružiny, které se provádí přitažením nebo povením šroubu nad pružinou. Pro shození terče musí klapka překonat sílu

přítlaku pružiny a nadzvednout zarážku. Po pravé straně od klapky je umístěn polohový koncový spínač od firmy Pizzato. Ve výchozí poloze klapky je spínač zamáčknut. Po shození terče dojde ke změně polohy spínače, do časomíry se odešle impuls značící sestříknutí terče a rozsvítí se signalizace.



Obrázek 5.11: Fotografie spínacího mechanismu

Elektronika terče

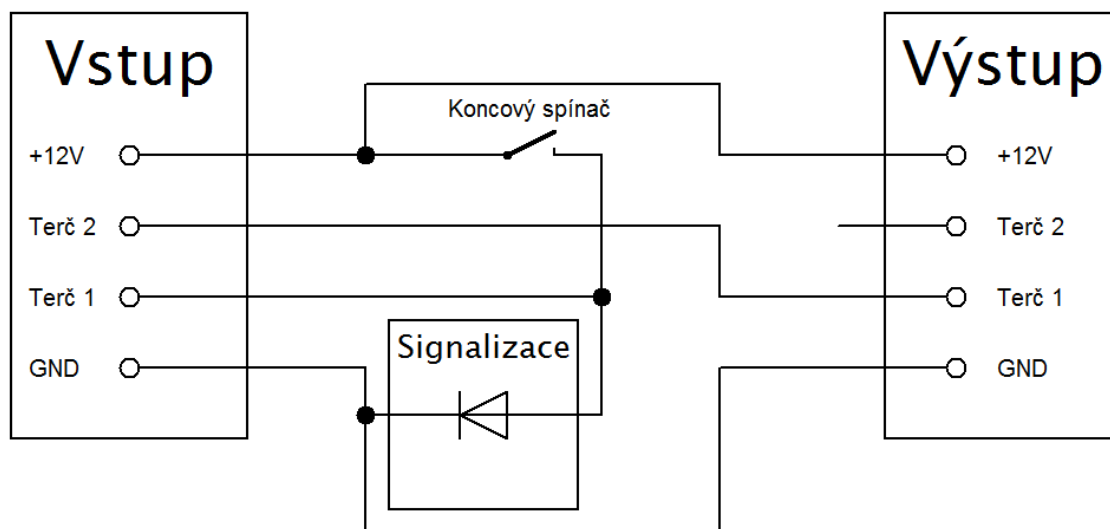
Schéma vnitřního zapojení terče je na obrázku 5.12. Každý terč má vstupní a výstupní konektor pro připojení kabeláže. 120 m dlouhý čtyřžilový kabel vedoucí z časomíry je připojen na vstupní konektor prvního terče. Vstup druhého terče je připojen na výstup prvního terče pomocí 20m třížilového kabelu.

První a čtvrtou žilou kabelu je přenášeno napájení pro signalizaci sražení terče. Ta je složena ze šesti LED modulů zapojených do série. Každý modul je složen z pěti červených LED. Celkový odběr signalizace je 240 mA, což při 12V napájení umožňuje vést napájecí vodiče přímo ze zdroje časomíry i na vzdálenost 120 m.

Žíly *Terč 1* a *Terč 2* slouží pro posílání signálů značících sepnutí spínačů 1. a 2. terče do časomíry. Spínače uzavírají okruh s první žilou kabelu. Přepojením žíly *Terč 2* ze vstupu terče na výstupní žílu *Terč 1* se zabránuje chybám při zapojení terčů. Takto lze zapojit terče v libovolném pořadí a chyba nemůže nastat.

5.5 Desktopová aplikace

Aplikace slouží ke sběru a vyhodnocování časů naměřených časomírou, automatickou tvorbu tabulek výsledkových listin, správu startovní listiny, nastavování režimu měření časomíry a počtu měřených drah a řízení měření času. Jedná se o aplikaci s grafickým uživatelským



Obrázek 5.12: Schéma vnitřního zapojení terče

rozhraním řízenou událostmi. Aplikace je kompatibilní se systémy Microsoft Windows XP, Vista a Windows 7 v jejich 32bitových verzích.

Aplikace je implementována v jazyce Java, který výrazně urychluje vývoj a umožňuje plné využití principů objektově orientovaného programování. Dále obsahuje podporu pro tvorbu GUI v podobě knihovny Swing. Pro psaní a ladění aplikace bylo použito vývojové prostředí NetBeans IDE 6.9.1., které je dostupné zdarma pod licencí Open Source.

Měření času může probíhat ve dvou režimech. Režim „Útok“ slouží pro měření časů na soutěži v požárním útoku, pro běh na 100 m s překážkami slouží režim „Atletika“. Režimy se liší rozložením grafických komponent hlavního okna aplikace a hlavně způsobem vyhodnocování dosažených časů.

Struktura aplikace

Aplikace je rozvržena do deseti balíků, ve kterých je celkem 46 tříd. Hlavním balíkem je *firesportpresenter*, který obsahuje hlavní třídu *FiresportPresenter* vytvářející GUI a třídu *Utils* s pomocnými metodami.

V balíku *communication* je jediná třída *Communicator* starající se o komunikaci s časomírou pomocí sériového portu.

Balík *elements* obsahuje třídy, které představují jednotlivé sekce s grafickými elementy hlavního okna aplikace. Společné vlastnosti sekcí jsou soustředěny do abstraktní třídy *Sub-Panel*, která rozšiřuje třídu *JPanel*. Ostatní třídy z tohoto balíku dále rozšiřují třídu *Sub-Panel*.

Třídy představující grafické elementy se nacházejí v balících *buttons*, *checkboxes*, *labels*, *tables* a *values*. Jsou zde grafické reprezentace tlačítek, zatržitek, textových popisků, tabulek a textových polí. I zde jsou použity abstraktní třídy pro seskupení společných vlastností prvků. Pro přehlednost jsou uvedeny v tabulce 5.6.

Implementace akcí po stisku jednotlivých tlačítek jsou ve třídách v balíku *listeners*. Poslední balík *model* obsahuje třídy představující datové modely startujícího týmu v disciplíně požární útok a závodníka startujícího v běhu na 100 m s překážkami.

Balík	Třída	Rozšiřuje	Reprezentuje
buttons	BaseRadioButton	JRadioButton	Model přepínacího tlačítka
labels	BaseLabel	JLabel	Model textového popisku
labels	BorderedLabel	BaseLabel	Model ohraničeného textového popisku
tables	BaseTable	JTable	Model tabulky

Tabulka 5.6: Abstraktní třídy grafických elementů

Grafické uživatelské rozhraní

GUI je implementováno pomocí knihovny Swing, která je součástí Java Foundation Classes (JFC). Rozhraní je tvořeno jednou hlavní obrazovkou, která je rozdělena na 4 hlavní sekce. První z nich obsahuje prvky ovládání časomíry. Lze odtud ustavit spojení s časomírou, nastavit režim měření, počet drah, vynulovat časomíru nebo zastavit měření času.

Další sekce slouží pro zobrazení aktuálně startujících družstev, či závodníků a jejich dosažených časů. Dále zde lze označit pokus za neplatný a uložit čas pokusu do výsledkové listiny. Rozložení této sekce se mění podle nastavení režimu měření času. Na obrázku 5.13 lze vidět rozložení pro režim měření času požárních útoků a na obrázku 5.14 je rozložení pro běh na 100 m s překážkami.

V posledních 2 sekcích jsou tabulky se startovní listinou a výsledkovými listinami kategorií muži a ženy. Dále jsou zde tlačítka sloužící pro nahrání tabulek ze souboru nebo jejich uložení do souboru. Obsah tabulek se mění podle zvoleného režimu měření, jak lze vidět na obrázcích 5.13 a 5.14.

Ukládání a načítání tabulek

Pro import a export tabulek je použito API JExcelApi [21] volně dostupné pod licencí GNU LGPL-3.0. Toto rozhraní umožňuje práci se soubory ve formátu *xls*, který používají tabulkové procesory Excel od firmy Microsoft. Funkce ukládání a načítání tabulek jsou obsaženy ve třídách *LoadStartList*, *SaveStartList*, *LoadResultsLists* a *SaveResultsLists*.

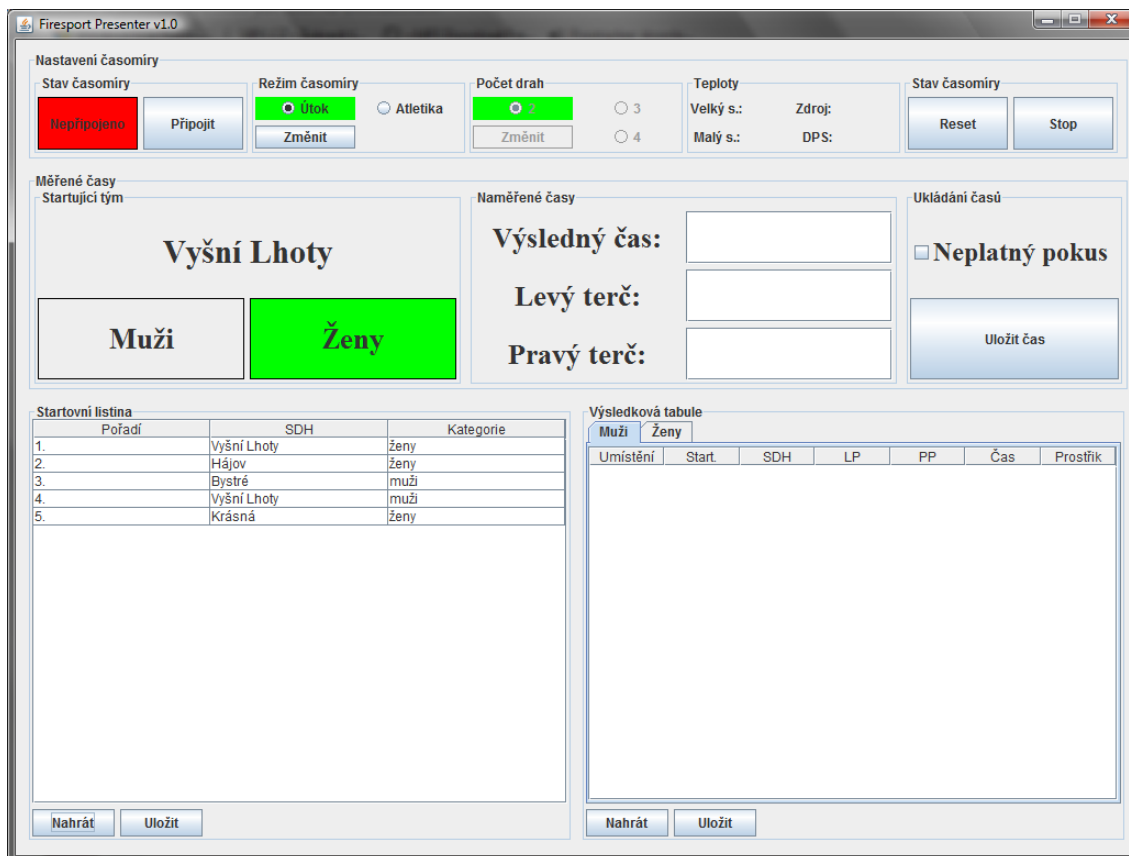
Protože se obsah tabulek mění podle nastaveného režimu měření času, je ošetřen pokus uživatele o načtení špatné startovní listiny. Pokud bude např. nastaven režim měření požárních útoků a uživatel se pokusí nahrát soubor se startovní listinou pro běh na 100 m s překážkami, aplikace tuto skutečnost oznámí pomocí dialogu, ve kterém je uživatel vyzván, aby zvolil správný soubor.

Taktéž pokud je nahrána startovní listina běhu na 100 m s překážkami, ve které běží v jednom rozběhu více závodníků, než je nastaven počet drah, je na tuto skutečnost uživatel upozorněn.

Komunikace s časomírou

Časomíra je připojena k počítači pomocí rozhraní RS232. Pro práci se sériovým portem počítače je využito volně dostupné API WinJCom [22] pod licencí Apache v2.0. Komunikace s časomírou je implementována ve třídách *Communicator* a *PortReader*.

Metoda *createConnection* třídy *Communicator* zjistí všechny dostupné sériové porty v počítači a vyzve uživatele k zadání portu, na kterém je připojena časomíra. Poté otevře zvolený sériový port a nastaví parametry přenosu. Pomocí metody *sendByte* lze odesílat kódová slova uvedená v tabulce 5.3.



Obrázek 5.13: Hlavní obrazovka aplikace při režimu měření požárních útoků

Instance třídy *PortReader* běží v samostatném vlákně a čte přijatá data z časomíry a provádí příslušné akce v závislosti na typu přijatého kódového slova.

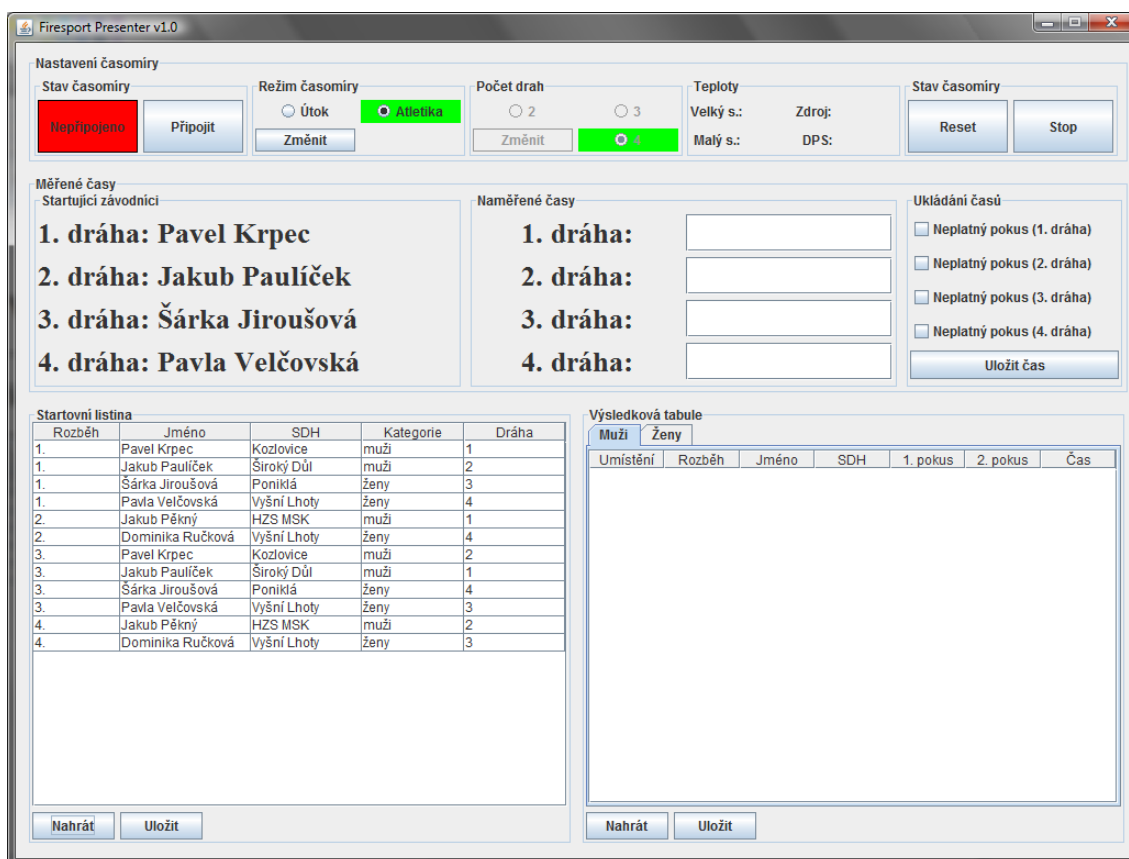
Vyhodnocení naměřených časů

Vyhodnocení proběhne po stisku tlačítka „Uložit čas“. Podle režimu měření má akce stisku tlačítka přiděleny instanci třídy *InsertAttack* nebo *InsertAthletic*, které implementují rozhraní *ActionListener*.

V režimu „Útok“ se nejprve z časů levého a pravého proudu vypočítá tzv. „prostřik“, což je rozdíl mezi časem rychlejšího a pomalejšího sestřiku terče. Poté se určí výsledný čas a výsledek se zařadí do výsledkové listiny příslušné startovní kategorie. Pokud je pokus označen jako neplatný, je výsledek zařazen na konec tabulky.

Primárním klíčem pro řazení výsledků v tabulce je výsledný čas. Pokud jsou výsledné časy týmů stejné, rozhoduje o pořadí velikost prostřiku. Pokud jsou si rovny i ty, obsadí týmy stejnou pozici a následující příčka ve výsledkové listině bude vynechána.

V režimu „Atletika“ je nutné ošetřit dvoukolové provedení soutěže. Závodníci jsou tak ve startovní listině dvakrát a při druhém pokusu si mohou vylepšit svůj čas. Při prvním kole je dosažený čas určen zároveň výsledným a závodníci jsou podle něj ve výsledkové listině řazeni. Po druhém pokusu se porovnávají dosažené časy závodníka v obou kolech a lepší čas je určen za výsledný. Výsledky se řadí pouze podle výsledného času. Při shodných časech



Obrázek 5.14: Hlavní obrazovka aplikace při režimu měření běhu na 100 m s překážkami

více závodníků obsadí všichni stejnou pozici. Neplatné pokusy jsou opět zařazeny na konec tabulky.

Typický průběh měření časů na soutěži

Po startu aplikace je v počáteční konfiguraci nastaven režim „Útok“. Uživatel může nejdříve nastavit režim měření času, případně počet drah a poté připojit časomíru nebo to lze provést i v opačném pořadí. Stav připojení k časoměři je indikován polem v levé horní části hlavního okna aplikace. Po úspěšném připojení pole zezelená a změní se v něm nápis na „Připojeno.“

Stiskem tlačítka „Nahrát“ v sekci se startovní listinou se objeví formulář pro výběr souboru se startovní listinou. Pokud je obsah souboru ve správném formátu (viz tabulka 5.7) a odpovídá zvolenému režimu měření času, obsah souboru se zkopíruje do tabulky v sekci startovní listiny. Zároveň se vyjme první startující tým, nebo závodníci z prvního rozběhu a vloží se do sekce zobrazení aktuálně startujících.

Poté může začít samotné měření času. Po odstartování pokusu odešle časomíra informaci a startu měření, na kterou aplikace zareaguje zablokováním tlačítka pro uložení času. To je odblokováno po přijetí informace o ukončení měření. Po prvním přijetí této informace je zablokováno i tlačítko pro změnu režimu měření času. Během měření lze vynulovat časomíru tlačítkem „Reset“ nebo zastavit měření tlačítkem „Stop“.

Po ukončení měření dále časomíra odešle hodnoty naměřených časů, které se zobrazí

v textových polích v sekci s výslednými časy. Poté může uživatel označit čas pokusu za neplatný pomocí zatržítka „Neplatný pokus“, pokud došlo k porušení pravidel. Tlačítkem „Uložit čas“ se dosažený čas pokusu uloží do výsledkové listiny a ze startovní listiny se nahraje následující družstvo, či závodníci z dalšího rozběhu. Aplikace je tak připravena zpracovat další dosažené časy.

Výsledkové i startovní listiny lze průběžně ukládat. V případě vypnutí aplikace tak lze měření soutěže obnovit od posledního uloženého stavu.

Pořadí	SDH	Kategorie
1.	Vyšní Lhoty	ženy
2.	Hájov	ženy
3.	Bystré	muži
4.	Vyšní Lhoty	muži
5.	Krásná	ženy

Rozběh	Jméno	SDH	Kategorie	Dráha
1.	Pavel Krpec	Kozlovice	muži	1
1.	Jakub Paulíček	Široký Důl	muži	2
1.	Pavla Velčovská	Vyšní Lhoty	ženy	3
2.	Pavel Šostý	Vyšní Lhoty	muži	1
2.	Ondřej Pečínka	Lhotka	muži	2
2.	Dominika Ručková	Krmelín	ženy	3

Tabulka 5.7: Příklad startovních listin

Kapitola 6

Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout systém elektronické časomíry pro měření disciplín požárního sportu požární útok a běh na 100 m s překážkami. Cíl práce byl splněn.

Prostudoval jsem možnosti měření času na embedded systémech a navrhnul systém měření a zobrazování času založený na mikrokontroléru MSP430F247. Pro záznam naměřených časových intervalů v paměti počítače jsem navrhl a implementoval desktopovou aplikaci. Pro řídicí mikrokontrolér jsem implementoval program v jazyce C, který řídí systém časomíry.

Pro zobrazování času byl vyroben displej se sedmisegmentovými číslicemi, jehož součástí je celý systém řízení časomíry. Dále byly vyrobeny sklopné terče, jejichž sražením se ukončuje měření času v disciplíně požární útok, a zhotovena propojovací kabeláž. Hlavní systém časomíry může být jištěn malou záložní časomírou.

Pro výrobu segmentů číslic displeje byla použita technologie LED pásků, jejichž použití pro takovou aplikaci zatím nebylo zdokumentováno. Testy na přímém slunci prokázaly, že jejich svítivost je pro toto použití dostatečná. Pokud se osvědčí spolehlivost LED pásků při dlouhodobém provozu při vyšších teplotách, bude možné použít tuto technologii pro levnou a rychlou výrobu sedmisegmentových displejů.

Celkové rozměry časomíry s displejem jsou 1853x1203x103 mm (šířka x výška x hloubka). Displej je třířádkový a celkem obsahuje 18 sedmisegmentových číslic. Číslice na prvním řádku jsou vysoké 390 mm, číslice na ostatních řádcích mají na výšku 260 mm.

Systém časomíry bude testován při trénincích sportovních družstev SDH Vyšní Lhoty během celé letošní sportovní sezóny. V plánu je i nasazení časomíry v několika soutěžích již během testování.

Do budoucna je plánován vývoj a výroba optických bran pro měření disciplíny běh na 100 m s překážkami a návrh a implementace bezdrátového řešení komunikace systému časomíry s počítačem pomocí webového serveru běžícího na mikrokontroléru v časomíře a pomocí technologie wi-fi. Tímto lze také vyřešit nezávislost na platformě připojeného počítače s desktopovou aplikací. Ve vývoji jsou již nástříkové terče pro požární útoky postupových soutěží v požárním sportu. Dále je možné vytvořit databázi pro uložení časů naměřených na soutěžích, automatickou tvorbu tabulek pořadí ligových seriálů, přehled statistik apod. Rozšiřovat lze i desktopovou aplikaci, např. přidat okno „elektronické výsledkové listiny“ pro zobrazení výsledků pomocí dataprojektoru nebo televizoru.

Literatura

- [1] *Směrnice hasičských sportovních soutěží pro muže a ženy* [online]. 2011, [rev. 2011-06-16] [cit. 2012-05-15]. Dostupné na: <http://www.dh.cz/dokumenty/smernice-pravidla/shsuprav.pdf>.
- [2] HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR ČESKÉ REPUBLIKY. *Požární sport* [online]. 2010 [cit. 2012-05-15]. Dostupné na: <http://www.hzscr.cz/clanek/pozarni-sport-439064.aspx>.
- [3] OFICIÁLNÍ INFORMAČNÍ SERVER SDRUŽENÍ HASIČŮ ČECH, MORAVY A SLEZSKA. *O nás* [online]. 2008, [rev. 2012-04-06] [cit. 2012-05-15]. Dostupné na: http://www.dh.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=2.
- [4] *CTIF Ostrava 2009* [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné na: <http://ctif2009.hzsmsk.cz/>.
- [5] NOVOBILSKÝ, P. *Systém elektronické časomíry s bezdrátovým připojením terčů a hlavního zobrazovače*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 40 s., 2 s. příl. Bakalářská práce.
- [6] FRYDRYCH, M. *Bezdrátová elektronická časomíra s velkým LED zobrazovačem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 42 s., 5 s. příl. Diplomová práce.
- [7] KAVKA, M., SVOBODA, P. a KOZÁK, J. *Kontejner HZS MSK s časomírou pro požární sport* [online]. 2008 [cit. 2012-05-15]. Dostupné na: <http://www.pozary.cz/clanek/13146-kontejner-hzs-msk-s-casomirou-pro-pozarni-sport/>.
- [8] *Datasheet produktu FEM-7902R0300GW výrobce Forge Europa* [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné na: <http://www.farnell.com/datasheets/99303.pdf>.
- [9] *LED pásky* [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné na: <http://www.ledpasky.net/>.
- [10] INSTRUMENTS, T. *MSP430x2xx Family User's Guide* [online]. 2004, [rev. 2012-01-01] [cit. 2012-05-15]. Dostupné na: <http://www.ti.com/lit/ug/slau144i/slau144i.pdf>.
- [11] WIKIPEDIA. *TI MSP430* [online]. 2003, [rev. 2012-04-21] [cit. 2012-05-15]. Dostupné na: http://en.wikipedia.org/wiki/TI_MSP430.
- [12] *Datasheet produktu RR2A12-500 výrobce ECE* [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné na: <http://www.gme.cz/dokumentace/634/634-396/dsh.634-396.1.pdf>.

- [13] *Datasheet produktu MAX3232ESE+ výrobce Maxim* [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné na:
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/270/497537_DS.pdf>.
- [14] *Datasheet produktu MSP430F247 výrobce Texas Instruments* [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné na:
<<http://www.ti.com/lit/ds/slas547h/slas547h.pdf>>.
- [15] *Katalogový list prodejce GM Electronic* [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné na:
<<http://www.gme.cz/led-pasky/led-pasek-60led-m-smd-5050-ip66-samolepici-rgb-14-4w-m-5-m-p960-112/>>.
- [16] *Katalogový list prodejce GM Electronic* [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné na:
<<http://www.gme.cz/led-pasky/led-pasek-60led-m-smd-3528-ip66-samolepici-cervený-4-8w-m-5-m-p960-098/>>.
- [17] *Katalogový list prodejce CNCShop.cz* [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné na:
<<http://www.cncshop.cz/s350-prumyslový-spinaný-nejlepší-zdroj-350w>>.
- [18] *Datasheet produktu PIC18F452 výrobce Microchip* [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné na:
<<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39564c.pdf>>.
- [19] *Datasheet produktu CDHCT4094 výrobce Texas Instruments* [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné na:
<<http://www.gme.cz/dokumentace/952/952-050/dsh.952-050.1.pdf>>.
- [20] *Datasheet produktu IRLR024N výrobce International Rectifier* [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné na: <<http://www.tme.eu/dok/I/irlr024n.pdf>>.
- [21] KHAN, A. *Java Excel API* [online]. 2009 [cit. 2012-05-15]. Dostupné na:
<<http://jexcelapi.sourceforge.net/>>.
- [22] BOLLA, D. *WinJCom* [online]. [rev. 2011-11-19] [cit. 2012-05-15]. Dostupné na:
<<http://www.engidea.com/blog/informatika/winjcom/winjcom.html>>.